

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Tin Kulić**

**Split, 2015**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Sanacija desne obale rijeke Neretve u Kominu –  
analize stabilnosti obale**

**Završni rad**

**Split, 2015**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **TIN KULIĆ**

BROJ INDEKSA: 4090

KATEDRA: **Katedra za geotehniku**

PREDMET: **Mehanika tla i temeljenje**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema:** Sanacija desne obale rijeke Neretve u Kominu – analize stabilnosti obale

**Opis zadatka:** Kandidatu su stavljeni na raspolaganje rezultati geotehničkih istražnih radova provedenih na predmetnoj lokaciji i druge potrebne podloge u sklopu projekta sanacije desne obale rijeke Neretve u Kominu (idejni projekt, izvedeno stanje uređene obale). Za potrebe dimenzioniranja zahvata sanacije kritičnih profila desne obale Neretve na dionici od km 7+210,16 do km 7+709,00 potrebno je prema danim podlogama i geotehničkim presjecima odrediti računski model tla te izvršiti analizu stabilnosti pokosa. Analizu stabilnosti pokosa provesti pomoću računalnog programa SLIDE 6.0 u sklopu programskog paketa ROCSCIENCE, za sljedeće projektne situacije: stalno opterećenje (stanje eksploatacije - stalna/srednja voda na koti +0,40 m n.m.) i stalno opterećenje+potres.

U Splitu, 7. travnja 2015. godine

Voditelj Završnog rada:

doc.dr.sc. Nataša Štambuk Cvitanović

## **Sanacija desne obale rijeke Neretve u Kominu**

### ***Sažetak:***

Za potrebe dimenzioniranja zahvata sanacije kritičnih profila desne obale Neretve na dionici od 7+210.16 km do 7+709.00 km potrebno je odrediti računski model tla te izvršiti analizu stabilnosti pokosa za projektne situacije: stalno opterećenje i stalno opterećenje+potres.

### ***Ključne riječi:***

sanacija, dimenzioniranje, analiza stabilnosti pokosa

## **Remediation of the right bank of the Neretva River**

### ***Abstract***

For the purpose of geotechnical designing for remediation of critical profiles of the right bank of the river Neretva on the section of 7 + 210.16 km to the 7 + 709.00 km it is necessary to determine the computational model of soil and analyze slope stability for the design situations: permanent load and permanent load + earthquake.

### ***Keywords:***

remediation, geotechnical design, slope stability analysis

**SADRŽAJ:**

1. Tehnički opis.....	2
1.1. Uvod .....	2
1.2. Elementi konstrukcije.....	2
1.3. Tijek izvedbe .....	2
1.4. Osnovni podaci o uređenju obale .....	3
1.6. Terenski istražni radovi .....	4
1.7. Laboratorijski istražni radovi .....	5
2. Odabir parametara tla.....	7
2.1. Klasifikacija tla .....	7
2.2. Karakteristične vrijednosti parametara tla.....	11
3. Analiza stabilnosti.....	14
3.1. Proračunski pristup .....	14
3.2. Računski model tla .....	15
3.3. Prikaz rezultata analize stabilnosti.....	16
4. Zaključak .....	25
5. Literatura .....	27
6. Prilozi .....	28

# 1. Tehnički opis

## 1.1. Uvod

Dionica obuhvaća potez desne obale od km 7+210,16 (P62) do km 7+709,00 (P78), sveukupne dužine 498,84 m. Predmetna dionica prolazi kroz naselje Komin. Dio obale na ovoj dionici je djelomično erodiran i potkopan, a pokos je vrlo strm. Zbog toga postoji opasnost od urušavanja obale i županijske ceste smještene na obali. U ovom radu dana je rješenje sanacije obale, tj. definirane su potrebne mjere i zahvati na zaštiti i uređenju desne obale rijeke Neretve u mjestu Komin. Situacija je prikazana u grafičkim prilogima.

## 1.2. Elementi konstrukcije

Sanacija obale na predmetnoj dionici se izvodi na način da se pokos obale stabilizira izgradnjom obaloutvrde od kamena u stabilnom nagibu 1:2, uz izvedbu temeljne kamene nožice širine berme 3 m. Sloj kamena je potrebno odvojiti od postojećeg materijala dna i obale upotrebom geosintetika zbog sprječavanja erozije tla, tj. ispiranja pjeskovitih materijala uslijed djelovanja rijeke.

Gornji dio obale, uz cestu, izveden je na način da se uredi zona parkinga i nogostup uz rijeku, a sam pristup rijeci bio bi omogućen stubištima na svakih 50 m udaljenosti koje vode na obalnu šetnicu širine 1,5 m, sa uređenim privezištima za brodice na okomitom AB elementu obale (vijencu). Privezišta se izvode kao alke od INOX čelika koje su ubetonirane u prefabricirani AB vijenac pri izradi elementa. Sama hodna ploha obalne šetnice, se izvodi kao “in-situ” betonirana AB ploča sa ohrapavljenom plohom za pješake i pristup brodicama.

Pokos u nagibu 1:1 od šetnice pa do nogostupa je tlocrtne širine od 1,75 m i izveden je od lomljenog kamena u betonu sa ispunjenim reškama cementnim mortom. Predviđa se izvedba višeg stupnja obrade kamena sa relativno uskim reškama.

## 1.3. Tijek izvedbe

Kako je slijeganje obale predviđeno i očekivano s obzirom na vrstu temeljnog tla, uređenje obale na predmetnoj dionici se previđa izvesti u dvije faze. Prva faza obuhvaća izvedbu temeljne nožice i kamenog nasipa sa obaloutvrdom od krupnog kamena, u punom profilu budućeg uređenja. Prvo se izvodi temeljna nožica od krupnog kamena komada težine 50 – 75 kg, tj. promjera zrna 35 – 40 cm. Nasipavanje nožice se vrši sa plovnog objekta, uz stalnu kontrolu

postignutog oblika dok se ne dobije nasip širine krune 3 m na zadanoj koti sa pokosima u nagibu 1:2. Slijedeći korak je polaganje temeljnog madraca od sloja geotekstila sa kasetiranim kobama od geomreže na postojeći pokos i dno vodotoka sve do izvedene kamene nožice.

Slijedi pažljivo potapanje temeljnog madraca nasipanjem sa obale (strojno i po potrebi ručno), materijalom sitnije granulacije (0-32 mm) i poravnavanjem do projektiranog nagiba materijalom do veličine zrna od cca 10 - 15 cm, a završava se izradom obaloutvrde sa slojem debljine 50 cm krupnog kamena promjera zrna 35 – 40 cm, pod vodom roliranog pomoću bagera sa dugom rukom. Na visini od 1,00 m n.m. izvodi se berma širine 1,0 m sa površinom uređenom kamenom školjerom debljine 15 cm. Berma je veći dio vremena iznad površine vode, tako da za vrijeme izgradnje služi kao radni plato za izvedbu uređenja pokosa iznad berme do ceste, a u eksploataciji kao revizijska staza za održavanje obale.

U toj fazi se predviđa površinu dobivenog prostora uz cestu urediti drobljenim tamponskim materijalom, za potrebe lokalnog stanovništva, ugraditi kontrolne geodetske točke i pratiti slijeganje obale. Izvedeni kameni nasip na mjestu buduće proširene ceste, parkinga i nogostupa se od temeljnog tla odvaja slojem geokompozita. Geokompozit se sastoji od sloja razdjelnog geotekstila i sloja geomreže. Geotekstil se postavlja na kontakt sa temeljnim tlom dok se geomreža sidri u AB element ploče šetnice.

Kad se slijeganje izvedene prve faze smanji do razine od 3 mm od prethodnog mjerenja, slijedi nastavak radova na drugoj fazi koja obuhvaća izvedbu novog nasipa, parkinga, nogostupa, obalne šetnice sa vezovima i stubištima i uređenje kameno betonskog pokosa u nagibu 1:1. Vanjski rub obalne šetnice izvodi se od prefabriciranih betonskih elemenata vijenca, pojedinačne duljine elementa od 2 m. Na jednom elementu izvedena su dva vezna mjesta za brodice.

#### **1.4. Osnovni podaci o uređenju obale**

Osnovne veličine usvojene za uređenje desne obale rijeke Neretve u Kominu:

- duljina uređene desne obale → 498,84 m
- širina pločnika uz desnu obalu → 1,20 m
- duljina pločnika uz desnu obalu → 480,00 m
- širina obalne šetnice → 1,50 m
- duljina obalne šetnice → 480,00 m
- nagib uređenog pokosa obale → 1:2
- nagib kameno betonske obloge → 1:1

## 1.5. Poduzete mjere za uređenje obale

Sanacijom desne obale rijeke Neretve od km 7+210,16 do 7+709,00 uklanjaju se postojeći bespravno sagrađeni objekti (nasuta i betonirana parkirališta, pristaništa za čamce i stepeništa prema rijeci) i smeće. Zatečeno smeće i građevni otpad nastao uklanjanjem bespravno sagrađenih objekata na obali uklonit će se na trajnu deponiju.

Sanacijom desne obale rijeke Neretve na navedenoj dionici nastaje: šetnica uz rijeku, urenena pristaništa za čamce, stepeništa za pristup rijeci i dodatna parkirališna mjesta. Uređenjem desne obale osigurana je zaštita obale od erozivnog djelovanja vode.

## 1.6. Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi sastojali su se od:

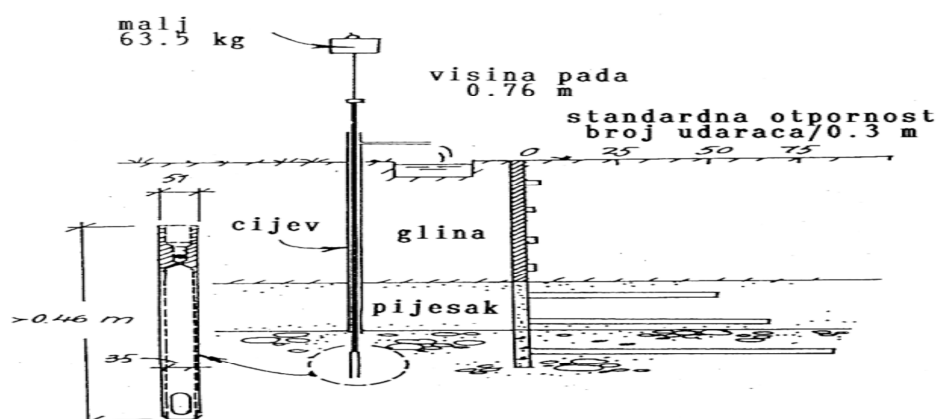
- istražnog bušenja i klasifikacije bušućih jezgri
- uzorkovanja poremećenih i neporemećenih uzoraka
- terenskog ispitivanja džepnim penetrometrom na jezgri bušenja
- ispitivanja relativne zbijenosti metodom SPT (standardni penetracijski test)
- praćenja pojave i razine podzemne vode u bušotinama za vrijeme istražnih radova

### Standardni penetracijski test

Mjeri se otpor prodiranju standardnog noža u vidu broja potrebnih udaraca  $N$  (broj udaraca/30 cm).

Sonda/uzorkivač:

- nož – sitnozrna tla; šiljak – krupnozrna tla
- korekcija:  $N_{\text{nož}} = N_{\text{šiljak}} * (0.7-0.75)$



Slika 1.1. Standardni penetracijski test (SPT)

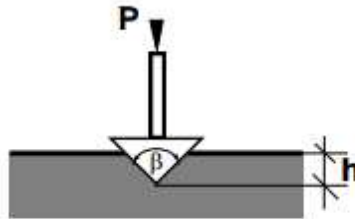


## Ispitivanje džepnim penetrometrom

Vicat (1846)

$$q_c = \frac{P}{A}$$

gdje je  $A$  površina poprečnog presjeka stošca na dubini prodiranja  $h$  sa slike.



Slika 1.2. Princip džepnog penetrometra

$$P = \pi * K * c * (h * \operatorname{tg} \beta / 2)^2$$

odnosno za  $\beta=90^\circ$  :

$$P = \pi * K * c * h^2$$

odnosno:

$$c = \frac{P}{\pi * K * h^2}$$

Pokusima je utvrđeno da vrijedi odnos:  $8 \leq K * \pi \leq 12$ .

## 1.7. Laboratorijski istražni radovi

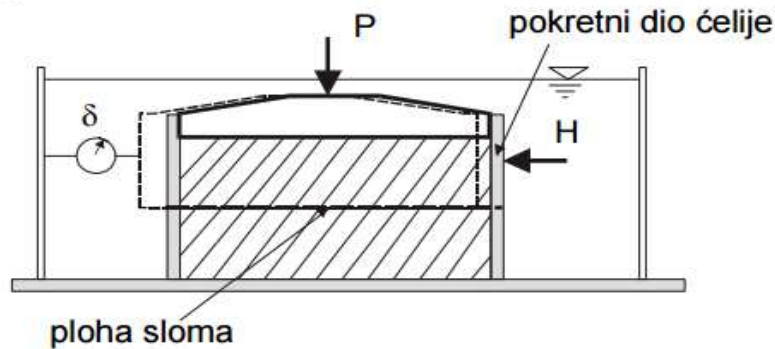
Laboratorijskim istražnim radovima za ispitivane uzorke tla analizirana su sljedeća svojstva tla:

- granulometrijski sastav
- specifična gustoća te zapreminska vlažna i suha gustoća
- konzistencija tla - Atterbergove granice, prirodna vlažnost
- parametri čvrstoće izravnim smicanjem
- modul stišljivosti tla u edometru
- vodopropusnost u edometru
- jednoosna pritisna čvrstoća

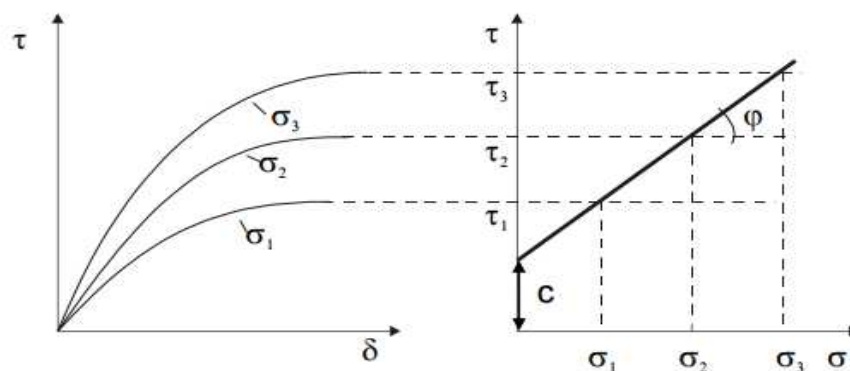
### Pokus izravnog smicanja

Izvođe se najmanje tri pokusa (EC 7 traži 5 pokusa) sa različitom silom opterećenja  $P$ :

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \tau = \frac{H}{F}$$



Slika 1.3. Princip rada ćelije za pokus izravnog smicanja



Slika 1.4. Dijagrami ovisnosti posmične čvrstoće i horizontalne deformacije i posmičnog i normalnog naprezanja

Pokus se izvodi dovoljno sporo da se osigura da je tijekom trajanja pokusa porni tlak  $u = 0$ .

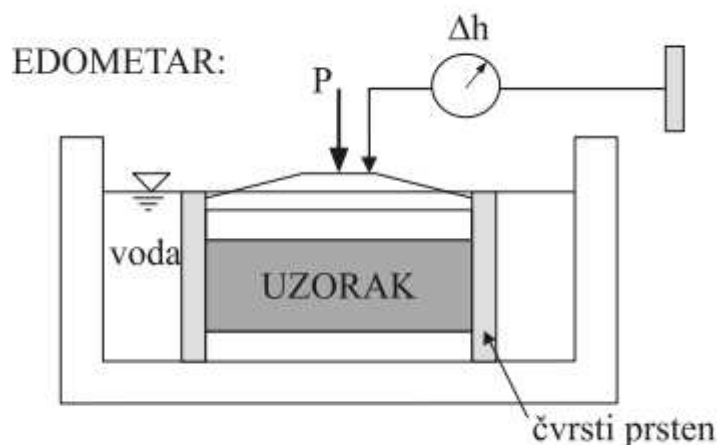
Izmjerene vrijednosti parametara posmične čvrstoće određene su u *konsolidiranim dreniranim* uvjetima:

$$c = c'$$

$$\varphi = \varphi'$$

### Edometar

Edometar je vrlo često korišteni laboratorijski uređaj kojim se ponavlja sprječeno horizontalnih deformacija u tlu i u tim se uvjetima ispituje stišljivost tla. Ugrađuje se neporemećeni uzorak, mjeri se početna visina, te promjena visine tijekom opterećivanja.



Slika 1.5. Princip rada edometra

## 2. Odabir parametara tla

Svi neophodni proračuni za dobivanje karakterističnih i računskih parametara tla (osrednjavanje vrijednosti parametara tla dobivenih terenskim i laboratorijskim istražnim radovima, množenje odgovarajućim korekcijskim faktorima) provedeni su u programu:

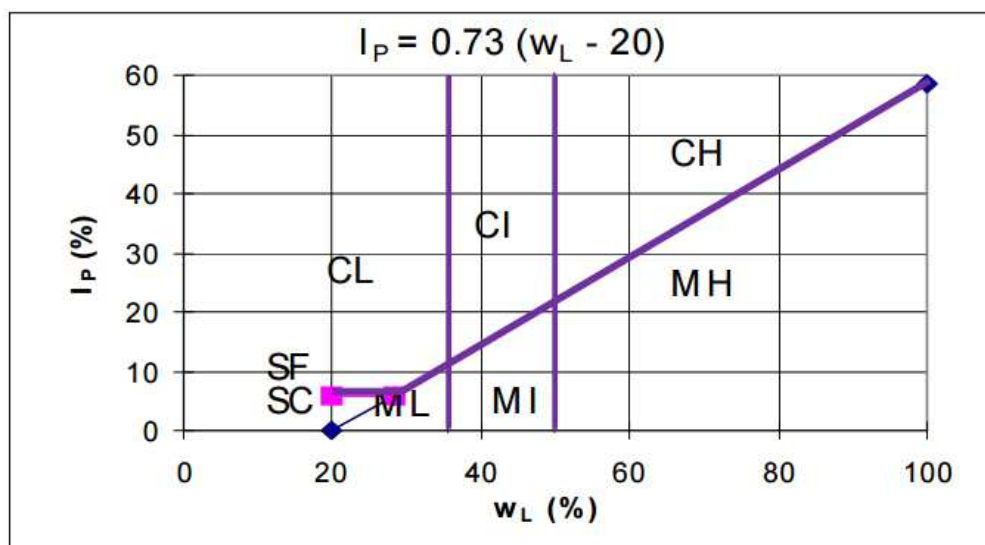
- Microsoft Excel 2007 → program za obradu računalnih podataka

### 2.1. Klasifikacija tla

Na temelju terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja uzoraka izvađenih iz dviju sondažnih bušotina možemo odrediti kojoj vrsti tla pripada pojedini sloj, odnosno pomoću poznatih vrijednosti granica tečenja ( $w_L$ ) i granica plastičnosti ( $w_P$ ) izvađenih uzoraka, možemo odrediti indeks plastičnosti ( $I_P$ ). Naime, vrijedi da je:

$$I_P = w_L - w_P [\%].$$

Nakon određivanja indeksa plastičnosti za svaki pojedini uzorak možemo, uz poznatu vezu granice tečenja i indeksa plastičnosti, izvršiti klasifikaciju svakog uzorka koristeći dijagram plastičnosti A. Casagrande-a.

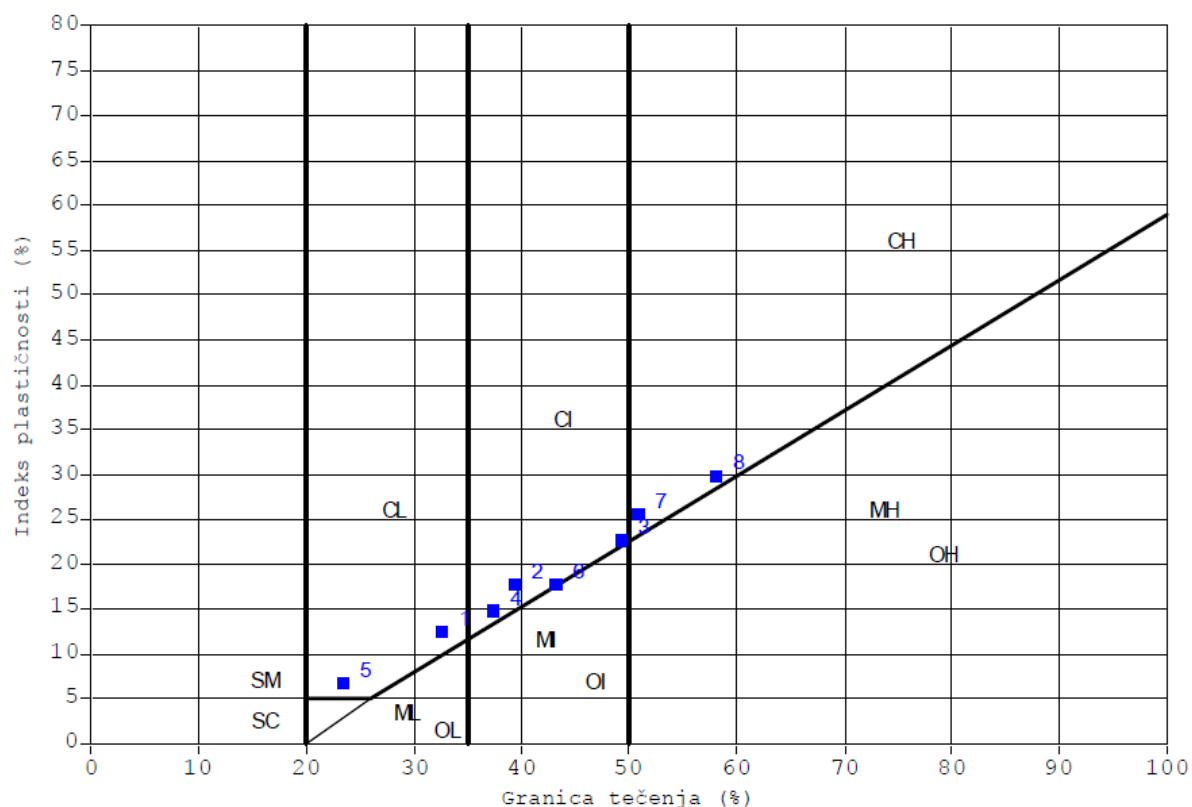


Slika 2.1. Dijagram plastičnosti (A. Casagrande)

Vrijednosti granica tečenja, granica plastičnosti, indeksa plastičnosti te simboli za vrstu gline kojoj pripada pojedini uzorak izvađen iz bušotine S-131-13-01 prikazani su u sljedećoj tablici:

Tablica 2.1. Klasifikacija uzoraka iz bušotine S-131-13-01

Redni broj uzorka	Dubina [m]	$w_L$ [%]	$w_P$ [%]	$I_P$ [%]	Simbol
1.	1,7-1,8	32,51	20,06	12,45	CL
2.	2,0-2,2	39,38	21,46	17,92	CI
3.	3,3-3,5	49,25	26,61	22,64	CI
4.	6,0-6,2	37,37	22,44	14,93	CI
5.	7,5-8,0	23,28	16,59	6,69	CL
6.	13,7-13,8	43,15	25,29	17,86	CI
7.	17,2-17,3	50,74	25,09	25,65	CH
8.	19,4-19,6	58,08	28,27	29,81	CH

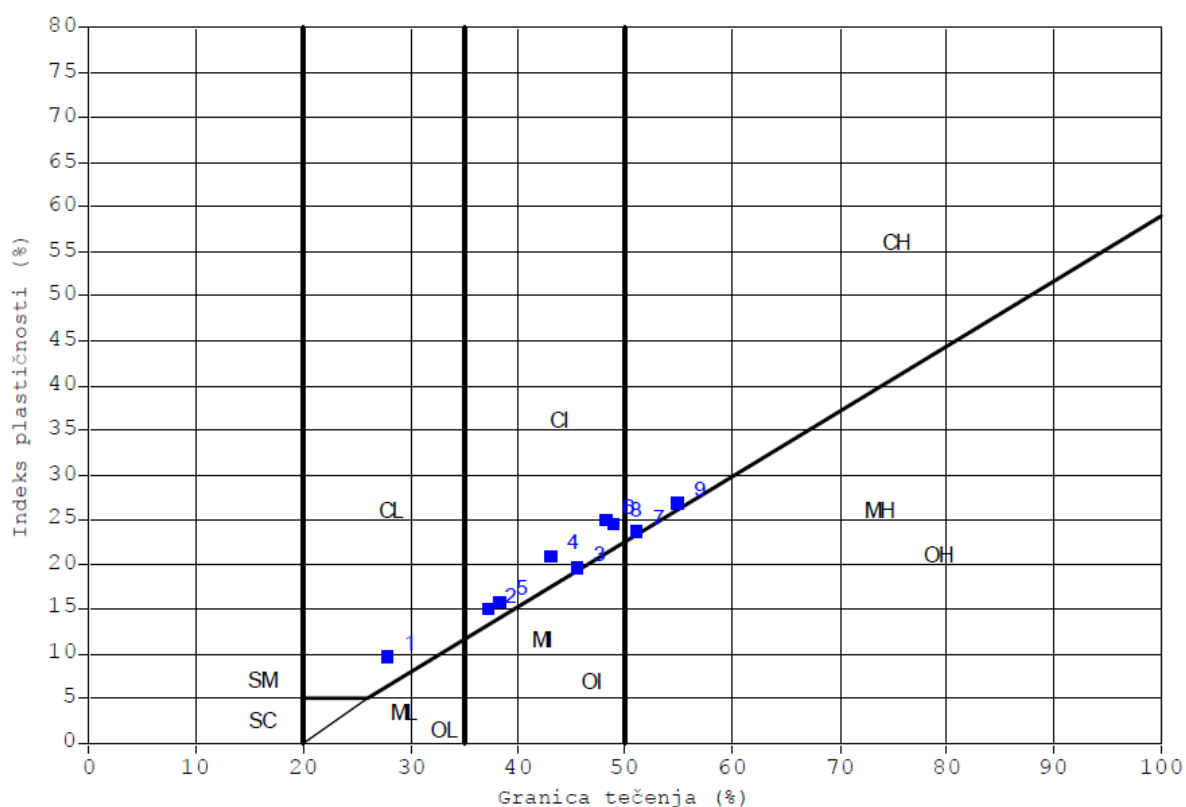


Slika 2.2. Grafički prikaz klasifikacije uzoraka iz bušotine S-131-13-01 (A. Casagrande)

Vrijednosti granica tečenja, granica plastičnosti, indeksa plastičnosti te simboli za vrstu gline kojoj pripada pojedini uzorak izvađen iz bušotine S-131-13-02 prikazani su u sljedećoj tablici:

Tablica 2.2. Klasifikacija uzoraka iz bušotine S-131-13-02

Redni broj uzorka	Dubina [m]	$w_L$ [%]	$w_P$ [%]	$I_P$ [%]	Simbol
1.	1,9-2,0	27,72	18,01	9,71	CL
2.	2,9-3,0	37,13	22,08	15,06	CI
3.	4,8-4,9	45,44	25,61	19,83	CI
4.	8,0-8,3	43,06	22,11	20,95	CI
5.	10,0-10,3	38,18	22,36	15,82	CI
6.	12,3-12,5	48,08	23,07	25,01	CI
7.	14,6-14,7	51,05	27,26	23,79	CH
8.	15,8-15,9	48,84	24,32	24,52	CI
9.	19,8-19,9	54,76	27,73	27,05	CH



Slika 2.3. Grafički prikaz klasifikacije uzoraka iz bušotine S-131-13-02 (A. Casagrande)

**Klasifikacija tla po dubini dana je u sljedećoj tablici:**

Tablica 2.3. Klasifikacija tla po dubini

Sloj	Dubina [m]
CL-CI→glina srednje do niske plastičnosti	1,75-4,20
CI→glina srednje plastičnosti	4,20-15,60
CH→glina visoke plastičnosti	15,60-20,00

Napomena: dubine su mjerene od najviše točke nasipa, tj kota  $\pm 0,00$  m n. m. predstavlja najvišu točku nasipa u geotehničkom profilu tla.

## 2.2. Karakteristične vrijednosti parametara tla

Zbog male količine istražnih radova, na osnovi izmjerenih i korigiranih veličina, odabiremo karakteristične vrijednost na način da korigiramo srednju vrijednost dobivenih parametara prema Orr&Farrell (1999):

*Tablica 2.4. Korekcija parametara tla prema Orr&Farrell (1999):*

PARAMETAR TLA	SIMBOL	KOREKCIJA
tangens efektivnog kuta trenja	$\text{tg } \varphi'$	0,95
efektivna kohezija	$c'$	0,80
nedrenirana čvrstoća	$c_u$	0,85
edometerski modul	$E_{\text{oed}}$	0,80
gustoća	$\rho$	1,00

Nakon statističke obrade i izvođenja potrebnih parametara pomoću empirijskih korelacija, potrebno je izvršiti odabir parametara tla koji će se pridružiti pojedinom sloju da bi se formirao geotehnički profil.

Tako za vrijednosti efektivnog kuta trenja iz laboratorijskih istraživanja imamo poznatu jednu vrijednost kuta unutrašnjeg trenja i to za sloj CL-CI, a za preostale slojeve prilikom određivanja istog uzeta je korelacija s indeksom plastičnosti:

$$\sin \varphi' = 0,8 - 0,094 \cdot \ln(I_p) [\%].$$

Nadalje, određene su vrijednosti tangensa efektivnog kuta trenja te smo izvršili korekciju srednjih vrijednosti izračunatih tangensa kuteva koristeći korekcijske faktore navedene u tablici 2.4. kako bi dobili karakteristične vrijednost i efektivnih kuteva trenja za svaki sloj.

Tablica 2.5. Vrijednosti efektivnih kuteva trenja uzoraka iz bušotine S-131-13-01

uzorak dubina [m]	$I_p$ [%]	$\sin \varphi'$	$\varphi'$ [°]	$\operatorname{tg} \varphi'$
1 1,70-1,80	12,45	0,562958	34,26	0,681132
2 2,00-2,20	17,92	0,528724	31,92	0,622929
3 3,30-3,50	22,64	0,506746	30,45	0,587870
4 6,00-6,20	14,93	0,545883	33,09	0,651643
5 7,50-8,00	6,69	0,621342	38,41	0,792874
6 13,70-13,80	17,86	0,529039	31,94	0,623414
7 17,20-17,30	25,65	0,495013	29,67	0,569696
8 19,40-19,60	29,81	0,480885	28,74	0,547711

Tablica 2.6. Vrijednosti efektivnih kuteva trenja uzoraka iz bušotine S-131-13-02

uzorak-dubina [m]	$I_p$ [%]	$\sin \varphi'$	$\varphi'$ [°]	$\operatorname{tg} \varphi'$
1 1,90-2,00	9,71	0,586323	35,90	0,723879
2 2,90-3,00	15,06	0,545068	33,03	0,650152
3 4,80-4,90	19,83	0,519204	31,28	0,607532
4 8,00-8,30	20,95	0,514039	30,93	0,599199
5 10,00-10,30	15,82	0,54044	32,71	0,642235
6 12,30-12,50	25,01	0,497388	29,83	0,573401
7 14,60-14,70	23,79	0,502089	30,14	0,580613
8 15,80-15,90	24,52	0,499248	29,95	0,576187
9 19,80-19,90	27,05	0,490017	29,34	0,562092



Nadalje, vrijednosti efektivne kohezije uzete su na temelju iskustvene procjene osim u slučaju efektivne kohezije srednje plastične gline (CL-CI) za koju nam je poznata vrijednost dobivena iz laboratorijskih istraživanja.

Vrijednosti nedrenirane posmične čvrstoće uzete su na temelju rezultata iz geotehničkih istražnih radova tako da je za svaki sloj određena srednja vrijednost te su izvršene korekcije faktorima navedenim u tablici 2.4. kako bi se dobile karakteristične vrijednosti.

*Tablica 2.7. Osrednjene vrijednosti nedrenirane posmične čvrstoće uzoraka iz dviju bušotina*

SLOJ	CL-CI	CH
$\overline{c_u}$ [kPa] BUŠOTINA S-131-13-01	31,5	46
$\overline{c_u}$ [kPa] BUŠOTINA S 131-13-02	13,5	49

Iznimka je sloj CI gdje je na temelju laboratorijskog ispitivanja jednoosne tlačne čvrstoće uzorka izmjerena nedrenirana posmična čvrstoća koristeći korelaciju:

$c_u = \frac{q_u}{2}$ , gdje je  $q_u$  laboratorijski dobivena vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće ( $q_u=63$ [kPa]).

Gustoća, a time i zapreminska težina određena je na temelju vrijednosti dobijene laboratorijskim ispitivanjem:

$\rho = 1,88$  [g/cm<sup>3</sup>];  $\gamma = 18,44$  [kN/m<sup>3</sup>],

te je preuzeta ista vrijednost za sve glinene slojeve tla.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara materijala određene na temelju osrednjenih vrijednosti rezultata terenskih i laboratorijskih istražnih radova te korekcijom odgovarajućim faktorima prikazanim u tablici 2.4. , prikazane su tablično.

Tablica 2.8. Karakteristične vrijednosti parametara tla

VRSTA MATERIJALA	ZAPREMINSKA TEŽINA $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	NEDRENIRANA POSMIČNA ČVRSTOĆA $c_{uk}$ [kPa]	KOHEZIJA $c_k$ '[kPa]	EFEKTIVNI KUT TRENJA $\phi_k$ '[°]
NASIP	22	/	1,00	35,00
CL-CI	18,44	15,30	3,90	31,82
CI	18,44	31,50	7,00	30,80
CH	18,44	40,34	10,00	28,07
OBALOUTVRDA (KAMENI NABAČAJ)	22	/	1,00	40,00

- CL-CI → glina niske do srednje plastičnosti;
- CI → glina srednje plastičnosti
- CH → glina visoke plastičnosti

### 3. Analiza stabilnosti

#### 3.1. Proračunski pristup

Potrebno je odrediti računski model tla te izvršiti analizu stabilnosti pokosa prema projektnom pristupu 3 sukladno EUROCODE -u 7. PP3 ima sljedeću kombinaciju grupa parcijalnih koeficijenata: A1+M2+R3

Tablica 3.1. Parcijalni faktori djelovanja ( $\gamma_F$ ) i učinka djelovanja ( $\gamma_E$ )

Djelovanja	Simbol	A1
Stalno -nepovoljno	$\gamma_{G;dst}$	1,35
Stalno-povoljno	$\gamma_{G;stb}$	1,00
Promjenjivo-nepovoljno	$\gamma_{Q;dst}$	1,50
Promjenjivo-povoljno	$\gamma_{Q;stb}$	0,00

Tablica 3.2. *Parcijalni faktori svojstva materijala (tlo, stijena) ( $\gamma_M$ )*

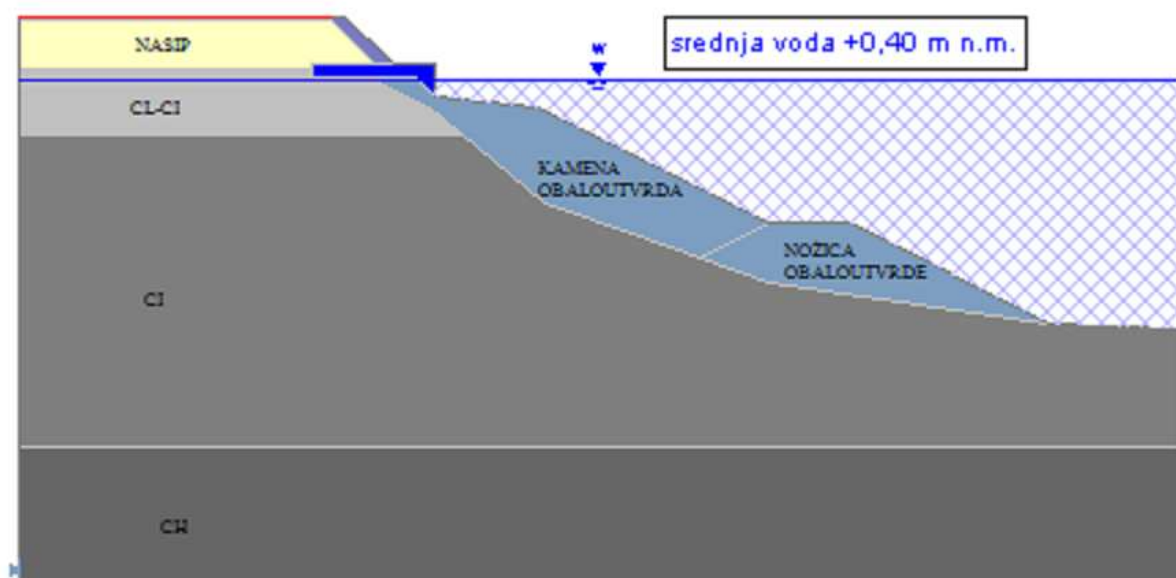
Svojstvo	Simbol	M2
Tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_{tg\varphi'}$	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1,25
Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	$\gamma_{cu}$ ili $\gamma_{qu}$	1,40

Tablica 3.3. *Parcijalni faktori otpora ( $\gamma_R$ )*

Otpornost	Simbol	R3
Potporne konstrukcije nosivost	$\gamma_{R;v}$	1,00
Klizanje	$\gamma_{R;h}$	1,00
Otpor tla	$\gamma_{R;e}$	1,00
Kosine i opća stabilnost tla	$\gamma_{R;e}$	1,00

### 3.2. Računski model tla

Model tla je odabran prema geotehničkim presjecima tla danim u podlogama, a za potrebe ovih analiza izrađen je model koji reprezentira desnu obalu Neretve. Korišten je sljedeći računski model tla:

Slika 3.1. *Model tla*

Kako bi dobili proračunske parametre tla, moramo reducirati karakteristične vrijednosti parametara tla odgovarajućim koeficijentima navedenim u tablici 3.2. na sljedeći način:

$$tg\varphi'_d = \frac{tg\varphi'_k}{\gamma_{tg\varphi'}} \text{ gdje je } \gamma_{tg\varphi'} = 1,25;$$

$$c'_d = \frac{c'_k}{\gamma_{c'}} \text{ gdje je } \gamma_{c'} = 1,25;$$

$$c_{ud} = \frac{c_{uk}}{\gamma_{cu}} \text{ gdje je } \gamma_{cu} = 1,40.$$

Proračunske vrijednosti parametara tla obale pruža tablica:

*Tablica 3.4. Proračunske vrijednosti parametara tla*

<b>VRSTA MATERIJALA</b>	<b>ZAPREMINSKA TEŽINA <math>\gamma</math>[kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b>NEDRENIRANA POSMIČNA ČVRSTOĆA <math>c_{ud}</math>[kPa]</b>	<b>KOHEZIJA <math>c_d</math>'[kPa]</b>	<b>EFEKTIVNI KUT TRENJA <math>\varphi'_d</math>[°]</b>
NASIP	22,00	/	1,00	29,00
CL-CI	18,44	10,93	3,12	26,40
CI	18,44	22,97	5,60	25,50
CH	18,44	28,84	8,00	23,10
OBALOUTVRDA (KAMENI NABAČAJ)	22,00	/	1,00	34,00

### 3.3. Prikaz rezultata analize stabilnosti

Analiza stabilnosti pokosa provedena je za dvije projektne situacije:

- stanje eksploatacije → stalna/srednja voda na koti +0,40 m n.m. ;
- stalno opterećenje + potres.

Pri analizi stabilnosti pokosa za projektnu situaciju PS-1 (stalna voda) izvršeni su proračuni za drenirane i nedrenirane parametre gline, a u slučaju projektne situacije PS-2( stalna voda+potres) korišteni su nedrenirani parametri gline ( $\varphi'=0$ ). Zbog male količine podataka o nedreniranoj posmičnoj čvrstoći ( $c_u$ ) preuzetoj iz terenskih i laboratorijskih istražnih radova, procijenjena nedrenirana posmična čvrstoća uzeta je kao približno 30-postotna vrijednost normalnih efektivnih naprezanja (korelacija  $c_u \approx 0,3 \cdot \sigma_v'$ ). Vrijednosti normalnih efektivnih naprezanja po dubini tla prikazane su:

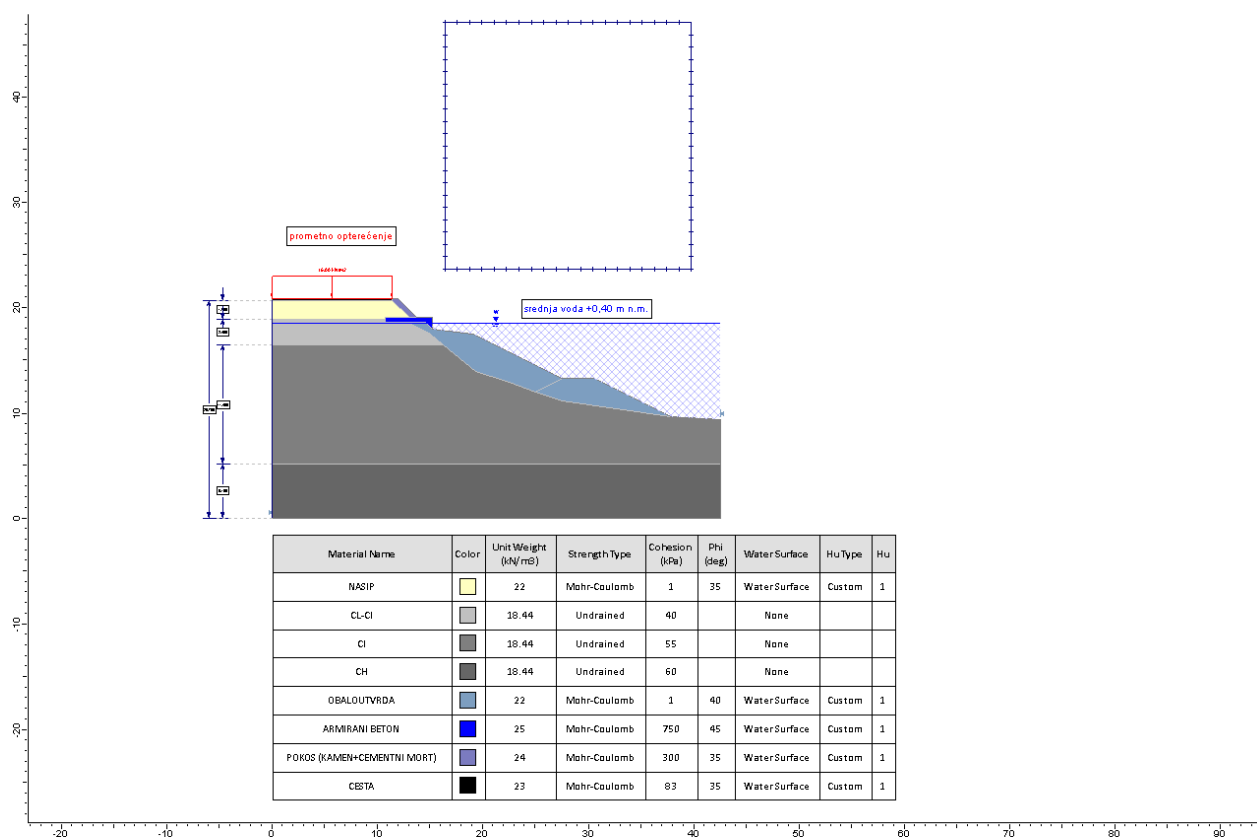
*Tablica 3.5. Normalna efektivna naprezanja po dubini*

DUBINA [m]	$\sigma_v'$ [kPa]
0,00	/
1,75	38,50
4,20	59,18
15,60	155,39
20,70	198,43

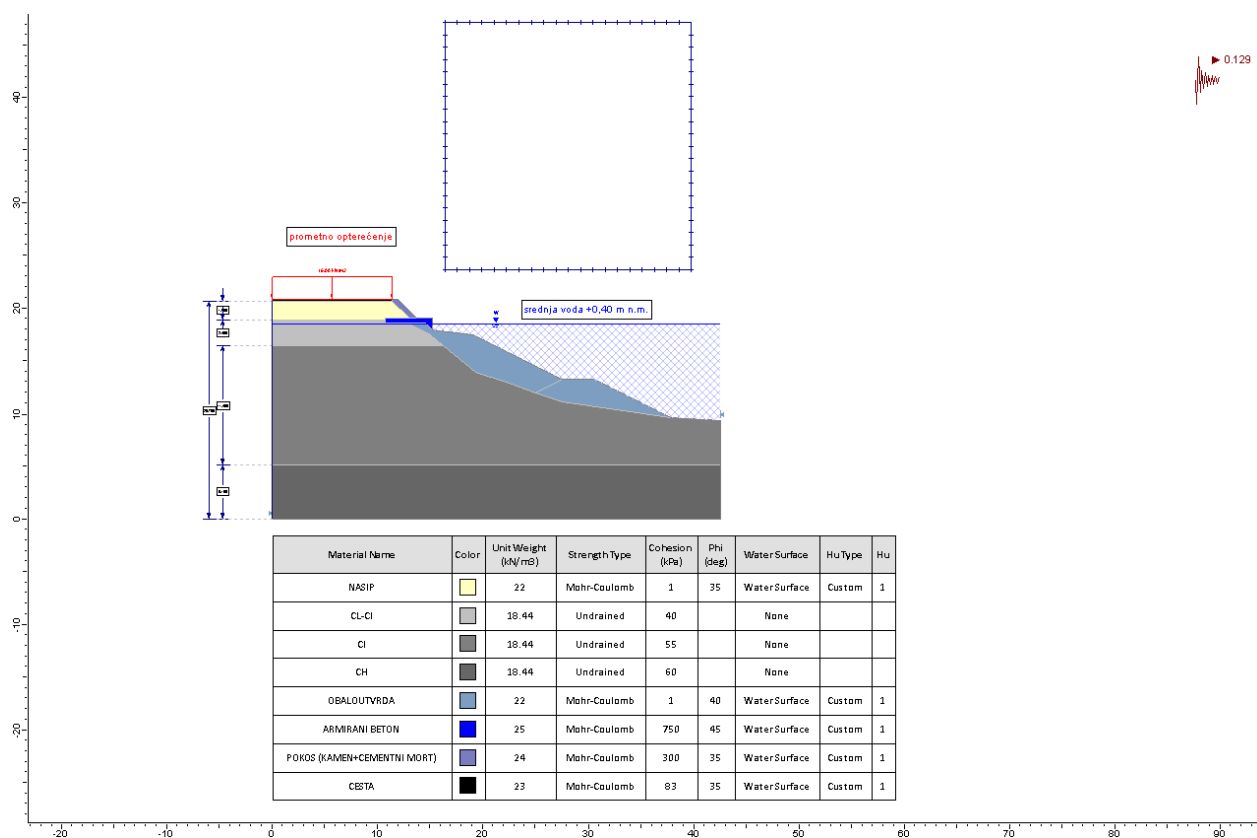
Napomena: zapreminska težina uronjenog tla umanjuje se za 10,00 [kN/m<sup>3</sup>] (uronjeni dio slojeva CL-CI, CI i CH imaju zapreminsku težinu  $\gamma' = 8,44$  [kN/m<sup>3</sup>]).

Svi neophodni proračuni za potrebe analize stabilnosti pokosa provedeni su pomoću programa:

- SLIDE 6.0 → računalni program u sklopu programskog paketa ROCSCIENCE koji jednom od odabranih metoda granične ravnoteže (Bishop, Janbu, Morgenstern-Price itd.) omogućava neograničen broj računskih analiza stabilnosti po pretpostavljenim cilindričnim ili cilindrično-poligonalnim plohama posmičnog sloma.



Slika 3.2. Opterećenje srednjom vodom na koti +0,40 m n.m.



Slika 3.3. Stalna voda + potres

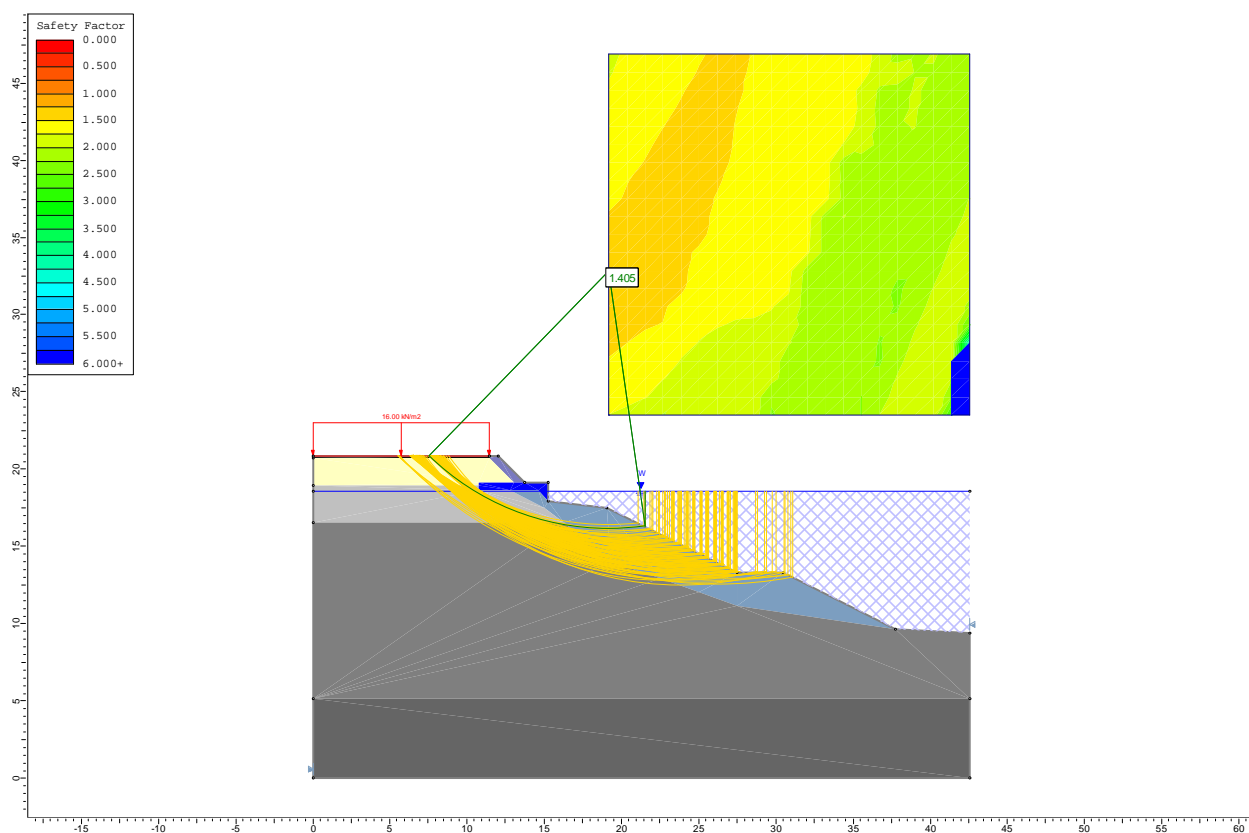
Kako bi se provela što preciznija analiza stabilnosti pokosa, proračuni koji su provedeni na modelu, obuhvaćali su dvije projektne situacije.

*Tablica 3.6. Vrijednosti minimalnih faktora sigurnost za zadane projektne situacije*

Oznaka projektne situacije	Vrsta projektne situacije	$F_{s \min}$
PS-1	Stanje eksploatacije – stalna voda	1,30
PS-2	Stanje stalne vode + potres	1,00

**PS-1 (stanje eksploatacije-stalna voda na koti +0,40 m n.m.)-drenirani uvjeti**

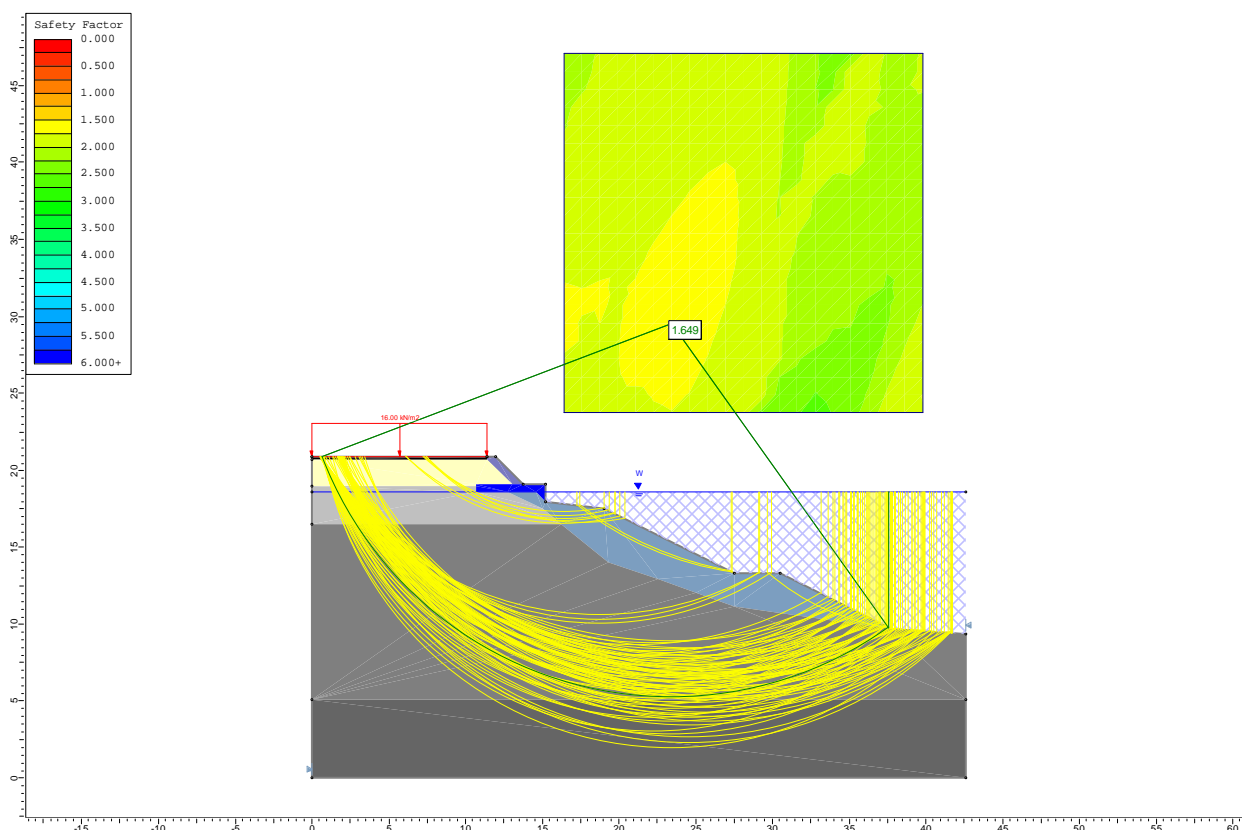
Oznaka projektne situacije	$F_s$	$F_{s \min}$
PS-1	1,405	1,30



*Slika 3.4. Klizne plohe faktora sigurnost manjeg od 1,50 (PS-1) za drenirane uvjete*

**PS-1 (stanje eksploatacije-stalna voda na koti +0,40 m n.m.)-nedrenirani uvjeti**

Oznaka projektne situacije	$F_s$	$F_{s \min}$
PS-1	1,649	1,30



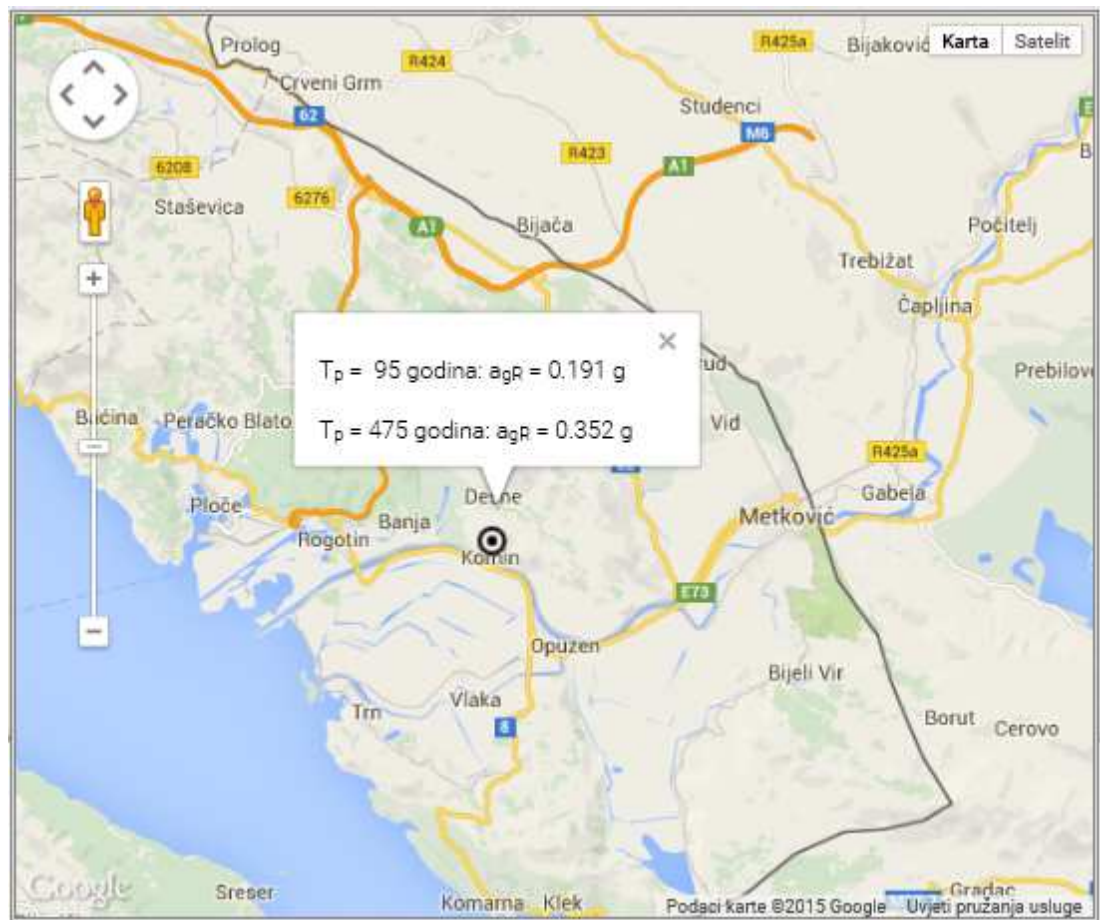
*Slika 3.5. Klizne plohe faktora sigurnosti manjeg od 1,75 ( za PS-1) za nedrenirane uvjete*

Kontrola stabilnosti pokosa obale za projektnu situaciju PS-1, u kojoj je u obzir uzeto stalno opterećenje, tj. stalna/srednja voda na koti +0,40 m n.m., zadovoljava zadani kriterij, to jest minimalni faktor sigurnosti najkritičnije klizne plohe veći je od minimalnoga dozvoljenog faktora sigurnosti.

**PS-2 (stalno opterećenje + potres)**

Lokacija desne obale rijeke Neretve u mjestu Komin prema karti stupnja intenziteta potresa spada u VIII stupanj, te je prema tome i odabran utjecaj horizontalne seizmičke sile na klizno tijelo. Na karti potresnih područja Republike Hrvatske prikazani su iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla za povratne periode  $T_p = 95$  god i  $T_p = 475$  god u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ( $1 g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ) za mjesto Komin.





Slika 3.6. Karta potresnih područja Republike Hrvatske

Analiza stabilnosti na potres definirana je za slučaj eksploatacije pri kojem djeluje potres. Naponsko stanje pri nastupu potresa simulirano je kao dodatna sila koja djeluje u težištu svake pojedine lamele. Dodatna sila je podijeljena na horizontalnu i vertikalnu komponentu, iznosi komponenti dodatne sile definirani su prema izrazima:

- horizontalna komponenta:  $F_H = 0,5 \times a_g \times S \times W$
- vertikalna komponenta:  $F_V = 0,5 \times F_H$

gdje su:

- $a_g$  - ubrzanje tla izraženo postotkom gravitacije  $g$ , za predmetnu lokaciju
- $T_p=475$ ;  $a_g=0,352 g$ , a za  $T_p=95$ ;  $a_g=0,191 g$
- $S$  – parametar tla prema tipovima tla iz EN 1998 – 1:2012, temeljno tlo je definirano kao tip D, stoga je  $S=1,35$
- $W$  – težina kliznog tijela (za potrebe proračuna uzima se 1,0)

Prema HRN EN 1998-1-1:2012:

Tablica 3.7. Vrijednosti koeficijenta  $S$  u ovisnosti o vrsti tla

EC8-00 TIP 1	S
tlo A $V_s > 800$ m/s	1,00
tlo B $360 < V_s < 800$ m/s	1,10
tlo C $180 < V_s < 360$ m/s	1,35
tlo D $V_s < 180$ m/s	1,35
tlo E ( $h < 20$ m)	1,40

Prema HRN EN 1998-1-1:2012:

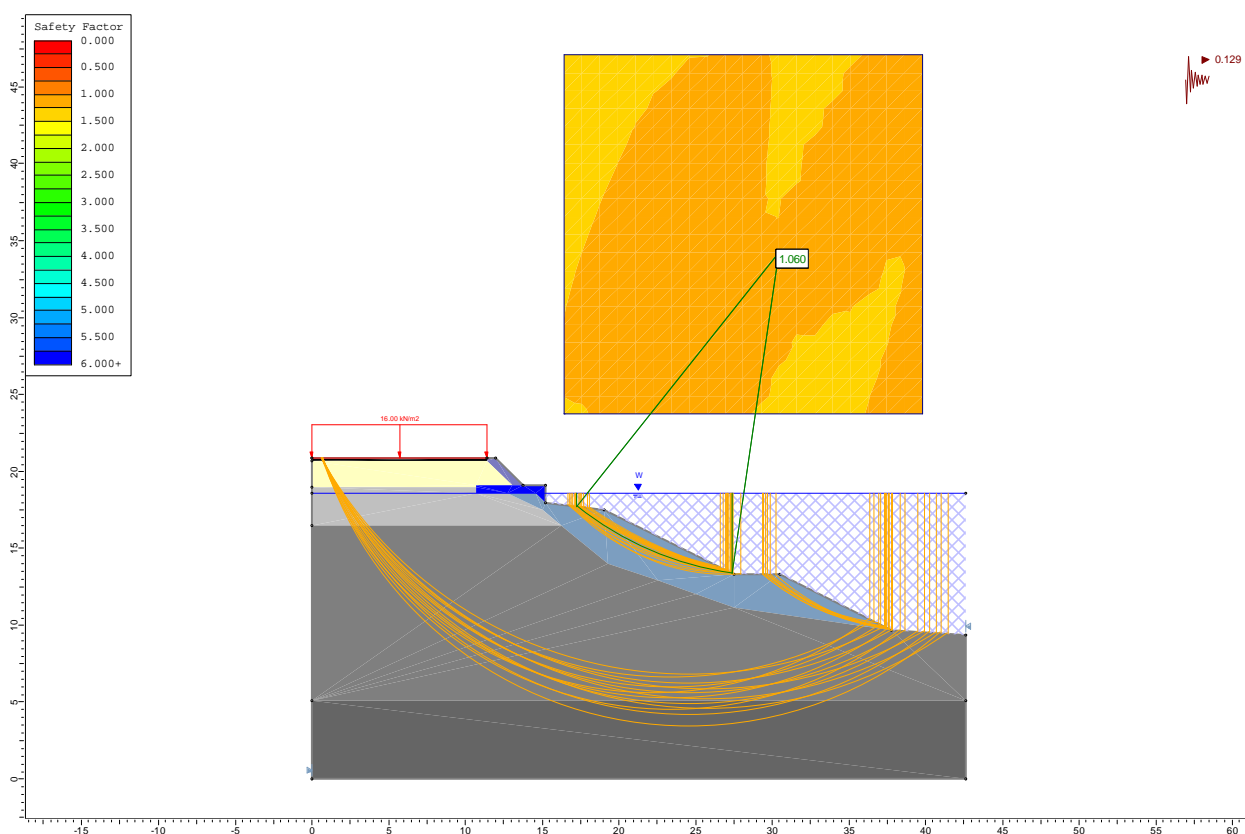
Tablica 3.8. Vrste tla

Tip tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (br. ud. /30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Stijena ili slične geološke formacije s najviše 5 m slabog materijala na površini.	> 800	-	-
B	Naslage vrlo zbijenih pijesaka, šljunaka ili vrlo krute gline debljine nekoliko 10-aka m, sa svojstvom postupnog poboljšanja mehaničkih svojstava s dubinom	360 - 800	> 50	> 250
C	Naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijesaka, šljunaka ili krutih glina debljine od nekoliko desetka do nekoliko stotina metara	180 - 360	15 – 50	70 - 250
D	Naslage rahlih do srednje zbijenih nekoherentnih tala (sa ili bez slojeva mekog koherentnog tla) ili prevladavajuće meka do čvrsta koherentna tla	< 180	< 15	< 70
E	Profil tla izgrađen od površinskih naslaga aluvija s vrijednostima $V_s$ za tipove tla C ili D, debljine 5-20 m, ispod kojih se nalazi krući materijal s vrijednostima $V_s > 800$ m/s.			
$S_1$	Naslage koje su u potpunosti izgrađene ili sadrže sloj meke gline/praha s visokim indeksom plastičnosti ( $PI > 40$ ) i visokom vlažnosti, a čija debljina je 10 m ili više	< 100	-	10 - 20
$S_2$	Naslage tala podložnih likvefakciji, osjetljive gline ili bilo drugi profil tla koji nije naveden u tipovima od A do $S_1$			

Za povratni period  $T_p=95$  god dobivene su sljedeće vrijednosti horizontalne i vertikalne komponente:

- horizontalna komponenta:  $F_H=0,5*0,191g*1,35*1,0= 0,129g$
- vertikalna komponenta:  $F_V=0,5*0,129g= 0,064g$

Oznaka projektne situacije	$F_s$	$F_{s \min}$
PS-2	1,060	1,00



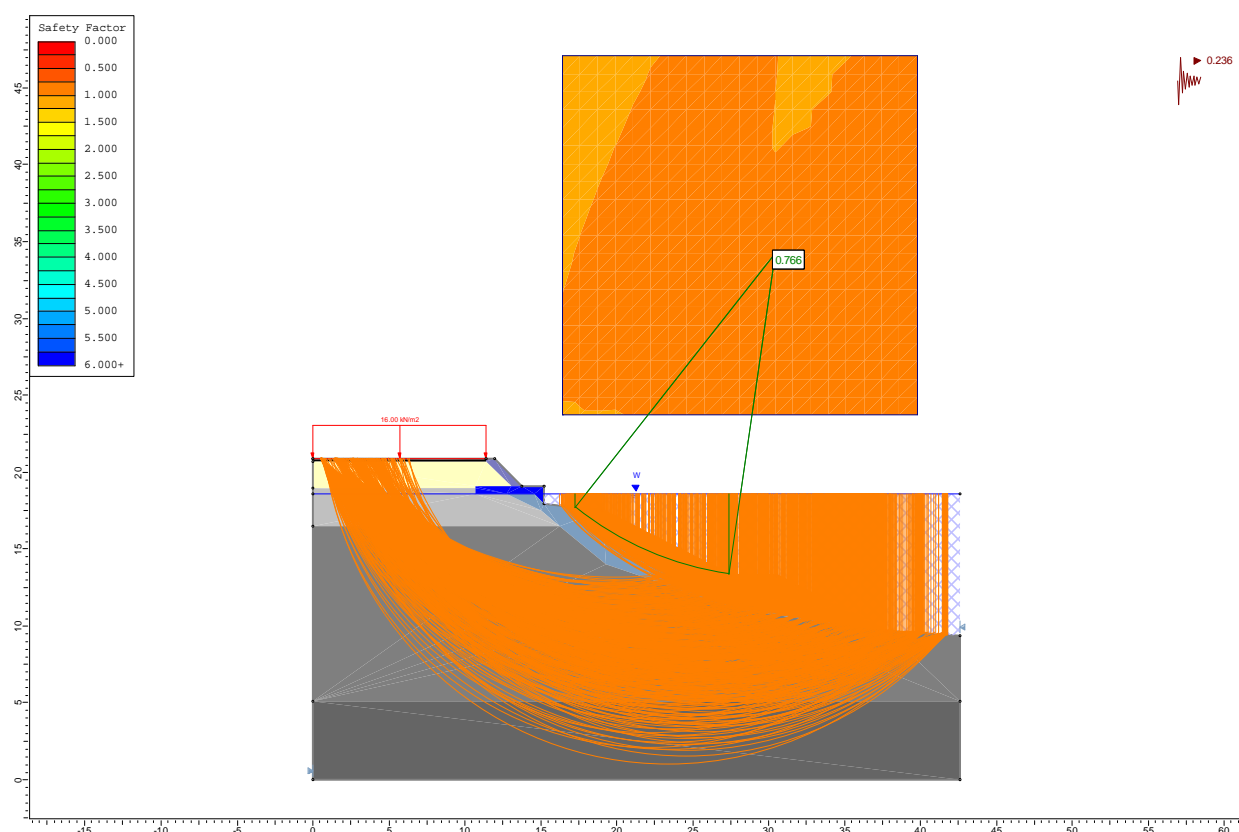
Slika 3.7. Klizne plohe faktora sigurnosti manjeg od 1,10 ( $T_p=95$  god)

Kontrola stabilnosti pokosa obale za projektnu situaciju PS-2, u kojoj su u obzir uzeti stalno opterećenje i potresno opterećenje s povratnim periodom od 95 godina, zadovoljava zadani kriterij, to jest minimalni faktor sigurnosti najkritičnije klizne plohe veći je od minimalnoga dozvoljenog faktora sigurnosti.

Za povratni period  $T_p=475$  god vrijednosti horizontalne i vertikalne komponente iznose:

- horizontalna komponenta:  $F_H=0,5*0,35g*1,35*1,0=0,236g$
- vertikalna komponenta:  $F_V=0,5*0,236g=0,118g$

Oznaka projektne situacije	$F_s$	$F_{s \min}$
PS-2	0,766	1,00



Slika 3.8. Klizne plohe faktora sigurnosti manjeg od 1,00 ( $T_p = 475$  god)

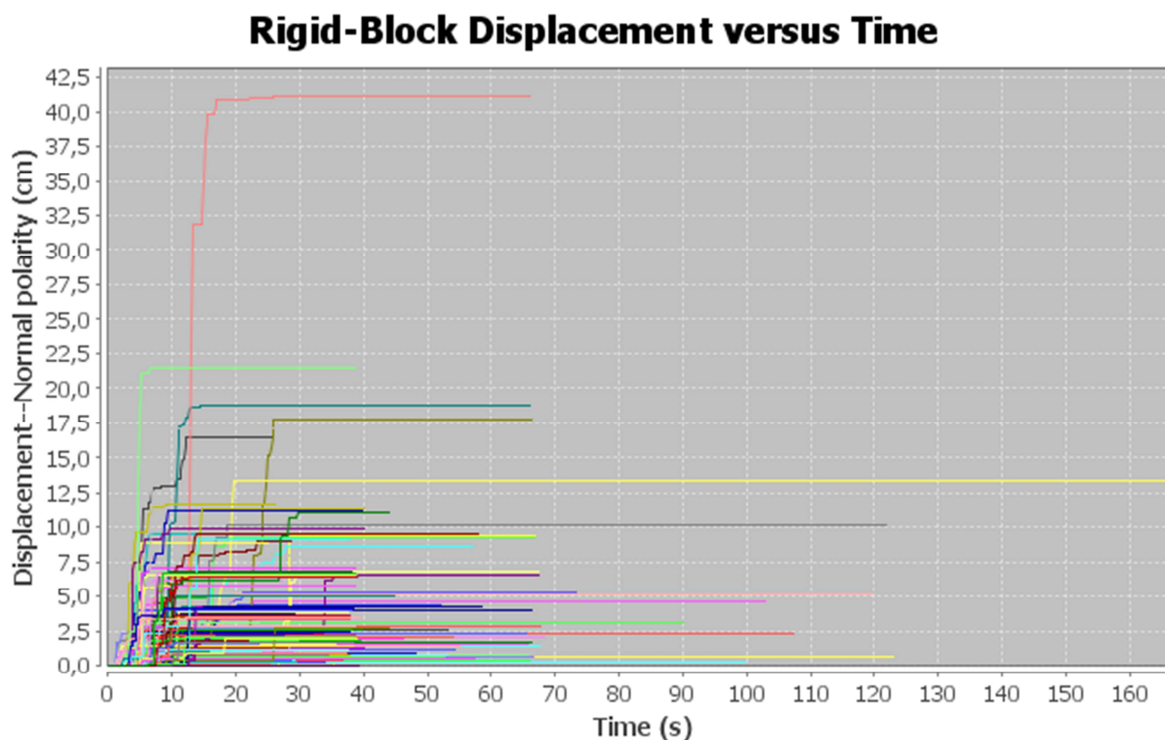
Kontrola stabilnosti pokosa obale za projektnu situaciju PS-2, u kojoj su u obzir uzeti stalno opterećenje i potresno opterećenje s povratnim periodom od 475 godina, ne zadovoljava zadani kriterij, to jest minimalni faktor sigurnosti najkritičnije klizne plohe manji je od minimalnoga dozvoljenog faktora sigurnosti.

Napomena: na slici 3.7. prikazane su sve klizne plohe s faktorom sigurnosti manjim od  $F_{s \min} = 1,00$ , odnosno sve klizne plohe koje ne zadovoljavaju polazni kriterij minimalnog dozvoljenog faktora sigurnosti.

## 4. Zaključak

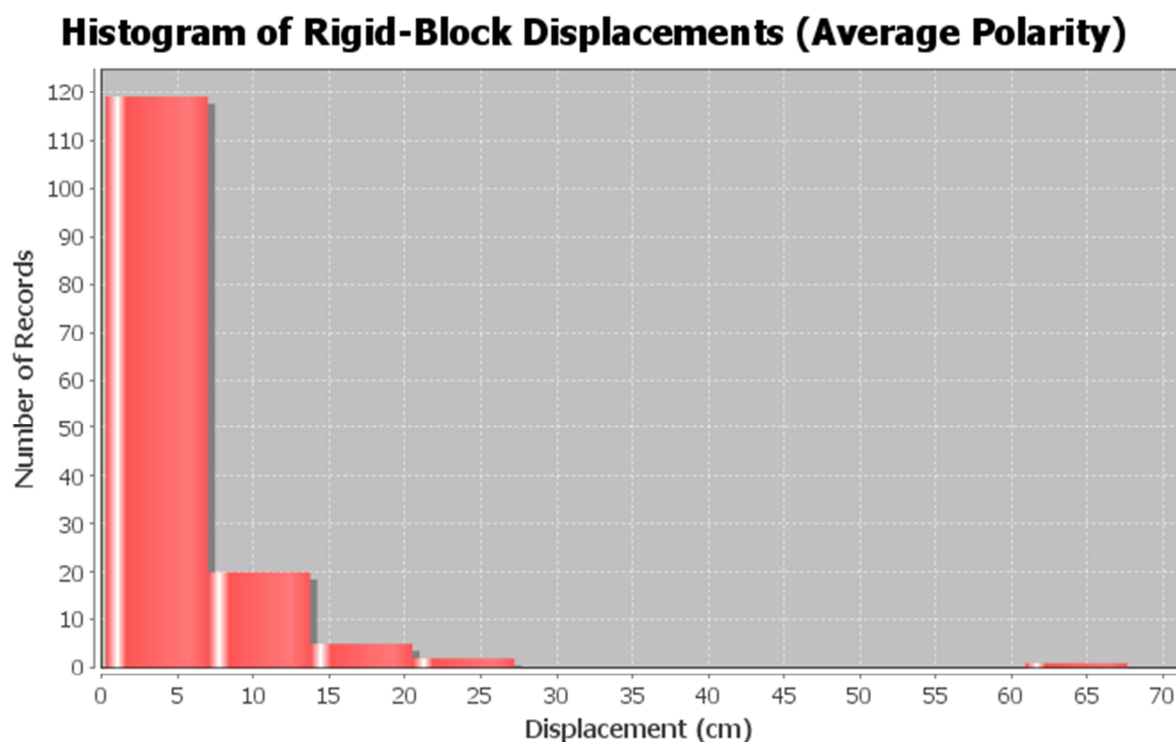
Vidi se da gotovo čitava obalna konstrukcija ne zadovoljava kriterij minimalnoga dozvoljenog faktora sigurnosti ( $F_{s, \min} = 1,00$ ) u slučaju stalnog opterećenja i potresa s povratnim periodom od 475 godina (slika 3.8.) dok u slučaju opterećenja stalnom/srednjom vodom na koti +0,40 m n.m. (slika 3.4. i slika 3.5.) i u slučaju kombinacije stalnog i potresnog opterećenja s povratnim periodom od 95 godina (slika 3.7.) obalna konstrukcija zadovoljava kriterije minimalnih faktora sigurnosti. U slučaju da se potres s povratnim periodom od 475 godina dogodi te izazove značajnije pomake uslijed kojih će doći do gubitka stabilnosti pokosa, a time i obalne konstrukcije (obaloutvrde), potrebno je provesti ponovnu sanaciju te riješiti problem stabilnosti nekom drugom metodom. Neke od metoda su: zamjena glinenog (osnovnog) materijala nekim drugim materijalom koji ima bolja svojstva; armiranje tla geotekstilom ili geomrežom; izvedba mlazno injektiranih pilota itd.

Za potres s povratnim periodom od 475 godina napravljen je dodatni proračun u programu SLAMMER, odnosno određeni su dijagrami ovisnosti pomaka tla i vremena trajanja potresa. Nakon toga, određeni su histogrami učestalosti pomaka uzrokovanih pojedinim potresom. Maksimalnu vrijednost pomaka odredit ćemo po tome koji pomak, generiran potresom, ima najveću učestalost u određenom razdoblju za koje smo bilježili posljedice (pomake tla) uzrokovane potresom.



Slika 3.8. Dijagram pomaka (generiranih potresima) u ovisnosti o vremenu

SLAMMER (Seismic LANDslide Movement Modeled using Earthquake Records) je program Američkog Ministarstva unutarnjih poslova osmišljen za procjenu ponašanje kosina tijekom potresa. Program omogućuje izbor između više od 2.100 zapisa iz 28 potresa, ali i omogućuje korisnicima unošenje vlastite evidencije zbirci. Program uključuje strogu i pojednostavljenu metodu krutog bloka, te analizu fleksibilnih kliznih blokova.



*Slika 3.9. Histogram relativne učestalosti pomaka za promatrane potrese*

U našem slučaju, ograničit ćemo se na potresno opterećenje s povratnim periodom koji iznosi  $T_p = 95$  god. koji generira manje potresne sile i manje deformacije od potresa s povratnim periodom  $T_p = 475$  god., ali se smatra da su te sile dovoljno mjerodavne.

Maksimalni dozvoljeni pomak, za slučaj potresa s povratnim periodom od 475 godina, iznosi 5 cm (pomak s najvećom učestalošću među promatranim mjerenjima). U slučaju da se zabilježe pomaci veći ili jednaki od 5 cm prilikom djelovanja potresa, koji će ugroziti stabilnost obaloutvrde, treba izvršiti ponovnu sanaciju obale.

## 5. Literatura

- cigla.gradst.hr (2015) Nastavni materijali: predavanja iz kolegija Mehanika tla i temeljenje, <http://cigla.gradst.hr/moodle26/mod/folder/view.php?id=2678> (pristupljeno: 04.07.2015.)
- cigla.gradst.hr (2015) Nastavni materijali: vježbe iz kolegija mehanika tla i temeljenje, <http://cigla.gradst.hr/moodle26/mod/folder/view.php?id=3385> (pristupljeno: 04.07.2015.)
- dracomex.com (2012) Dracoterm priručnik za izvođenje, [http://www.dracomex.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/03/dracoterm\\_prirucnikzaizvodjenje.pdf](http://www.dracomex.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/03/dracoterm_prirucnikzaizvodjenje.pdf) (pristupljeno: 06.07.2015.)
- kb.plaxis.nl (2009) Mohr-Coulumb parameters for modelling concrete structures <http://kb.plaxis.nl/sites/kb.plaxis.nl/files/kb-publications/Iss25%20Art2%20-%20Mohr-Coulomb%20Parameters%20for%20Modelling%20of%20Concrete%20Structures.pdf> (pristupljeno: 06.07.2015.)
- seizkarta.gfz.hr (???) Karte potresnih područja Republike Hrvatske, <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php> (pristupljeno: 06.07.2015.)
- bib.irb.hr (2009) Procjena lokalnih uvjeta tla i mikrozoniranje, [https://bib.irb.hr/datoteka/392971.5\\_Savj\\_HGD\\_Osijek\\_18.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/392971.5_Savj_HGD_Osijek_18.pdf) (pristupljeno: 06.07.2015.)

## **6. Prilozi**

U ovome poglavlju prikazani su terenski i laboratorijski istražni radovi te inženjerskogeološka situacija područja gradnje, prognozni inženjerskogeološki presjeci te normalni presjek kroz tlo i obalnu konstrukciju nakon završetka gradnje.





UZORCI:		TERENSKA ISPITIVANJA:		LEGENDA	KRILNA SONDA (TIP): <div><div>Torvane</div><div>Geonor</div></div>	VODOPROPUSNOST U EDOMETRU / TROOSNOJ ČELJI: <div><div>- Edometar</div><div>- Troosna čelija</div></div>	NAPOMENE:	<div><div></div><div><div>Geokon - Zagreb d.d.</div><div>ZA PROJEKTIRANJE, NADZOR I RAZVOJ U GRADITELJSTVU</div></div></div>				
		STANDARDNI PENETRACIJSKI TEST:							3			
POREMEĆENI UZORCI	6	DŽEPNA KRILNA SONDA:	2						STANDARDNI PENETRACIJSKI TEST (SPT): <div><div>- Nož <math>N=(N_{u0} \cdot k_{u0})+(N_{u5} \cdot k_{u5})</math></div><div>- Šiljak <math>\dot{S}=0,75 \cdot N</math></div><div>"I" - Odsakanje pribora (&gt;50) (<math>k_{u0}=1,25</math>)</div></div>	IZRAVNI POSMIK: <div><div>S Standardni</div><div>R Reversni</div><div>KT Krey - Tiedemann</div></div>	TROOSNO TLAČNO ISPITIVANJE: <div><div>UU Nekonsolidirani nedrenirani</div><div>CU Konsolidirani nedrenirani</div><div>CD Konsolidirani drenirani</div></div>	GUSTOĆA MASE / GUSTOĆA MASE ČESTICA: <div><div>Ukupna gustoća mase</div><div>Ukupna gustoća mase - suha</div><div>Gustoća mase čestica</div></div>
NEPOREMEĆENI UZORCI	2	DŽEPNI PENETROMETAR:	0									
KERN	0	KRILNA SONDA:	3									

ELABORAT BR.: E-131-13-01		PRILOG: 2	
		STRANICA BR.: 2	



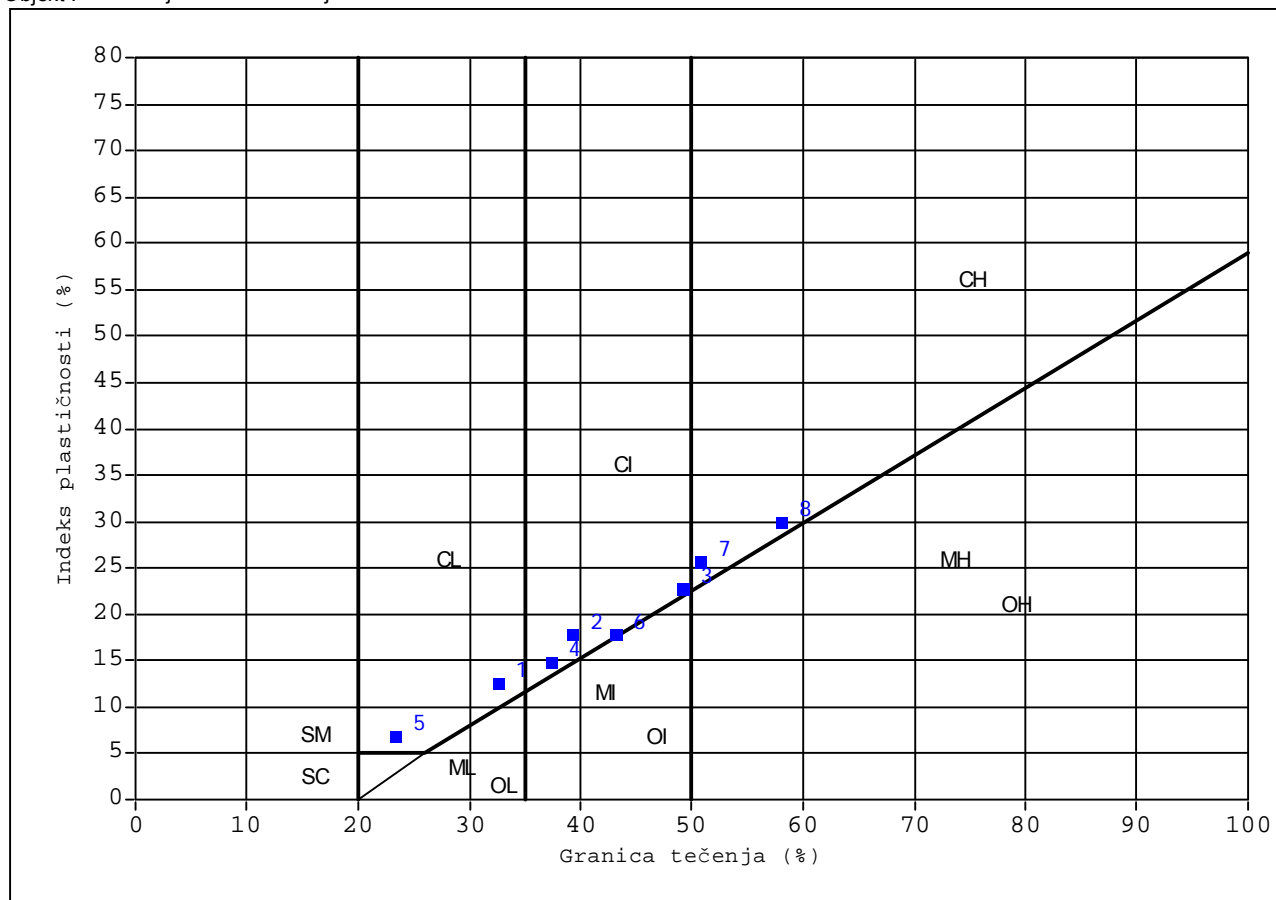


UZORCI:		TERENSKA ISPITIVANJA:		LEGENDA	KRILNA SONDA (TIP): <div><div>Torvane</div><div>Geonor</div></div>	VODOPROPUSNOST U EDOMETRU / TROOSNOJ ČELIJI: <div><div>- Edometar</div><div>- Troosna ćelija</div></div>	NAPOMENE:	<div><div></div><div><div>Geokon - Zagreb d.d.</div><div>ZA PROJEKTIRANJE, NADZOR I RAZVOJ U GRADITELJSTVU</div></div></div>	
		STANDARDNI PENETRACIJSKI TEST:							4
POREMEĆENI UZORCI	9	DŽEPNA KRILNA SONDA:	4						STANDARDNI PENETRACIJSKI TEST (SPT): <div><div>Nož <math>N=(N_{u0} \cdot k_{u0})+(N_{u5} \cdot k_{u5})</math></div><div>Šiljak <math>\dot{S}=0,75 \cdot N</math></div><div>"I" - Odsakanje pribora (&gt;50) (<math>k_{u0}=1,25</math>)</div></div>
NEPOREMEĆENI UZORCI	0	DŽEPNI PENETROMETAR:	0						
KERN	0	KRILNA SONDA:	4						
				IZRAVNI POSMIK: <div><div>S Standardni</div><div>R Reversni</div><div>KT Krey - Tiedemann</div></div>	TROOSNO TLAČNO ISPITIVANJE: <div><div>UU Nekonsolidirani nedrenirani</div><div>CU Konsolidirani nedrenirani</div><div>CD Konsolidirani drenirani</div></div>	GUSTOĆA MASE / GUSTOĆA MASE ČESTICA: <div><div>Ukupna gustoća mase</div><div>Ukupna gustoća mase - suha</div><div>Gustoća mase čestica</div></div>			
ELABORAT BR.: E-131-13-01		PRILOG: 3		STRANICA BR.: 2					

Lokacija : Komin

Datum izrade izvještaja: 12.2.2014

Objekt : Sanacija desne obale rijeke Neretve



rbr.	bušotina/jama/ stacionaža	dubina / kota (m)	oznaka JLO ispitivanja	simbol	wl (%)	wp (%)	IP (%)	os (%)	pv / ps
1	S-131-13-01	1,70-1,80	S-131-13-01-01-1-05	CL	32,51	20,06	12,46	0,00	pv
		Školjkice							
2	S-131-13-01	2,00-2,20	S-131-13-01-02-1-05	CI	39,38	21,46	17,92	0,00	pv
		Konkrete do 2 mm							
3	S-131-13-01	3,30-3,50	S-131-13-01-03-1-05	CI	49,25	26,61	22,64	0,00	pv
		Školjkice							
4	S-131-13-01	6,00-6,20	S-131-13-01-04-1-05	CI	37,37	22,44	14,92	0,00	pv
5	S-131-13-01	7,50-8,00	S-131-13-01-05-1-05	CL	23,28	16,59	6,69	0,00	pv
		Školjkice							
6	S-131-13-01	13,70-13,80	S-131-13-01-06-1-05	CI	43,15	25,29	17,86	0,00	pv
		Školjkice							
7	S-131-13-01	17,20-17,30	S-131-13-01-07-1-05	CH	50,74	25,09	25,65	0,00	pv
		Školjkice							
8	S-131-13-01	19,40-19,60	S-131-13-01-08-1-05	CH	58,08	28,27	29,82	0,00	pv
		Školjkice							

**LEGENDA:**

**CH** - Glina anorganska visoke plastičnosti  
**CL** - Glina anorganska niske plastičnosti  
**OL** - Glina organska srednje plastičnosti  
**OS** - % ostatka na situ No.40(0,425mm) %

**MH** - Prah visoke plastičnosti  
**ML** - Prah niske plastičnosti  
**SC** - Zaglinjeni pijesak  
**pv** - priprema u prirodno vlažnom stanju

**CI** - Glina anorganska srednje plastičnosti  
**OH** - Glina organska visoke plastičnosti  
**OL** - Glina organska niske plastičnosti  
**ps** - priprema u suhom stanju

**MI** - Prah srednje plastičnosti  
**SM** - Prašnasti pijesak

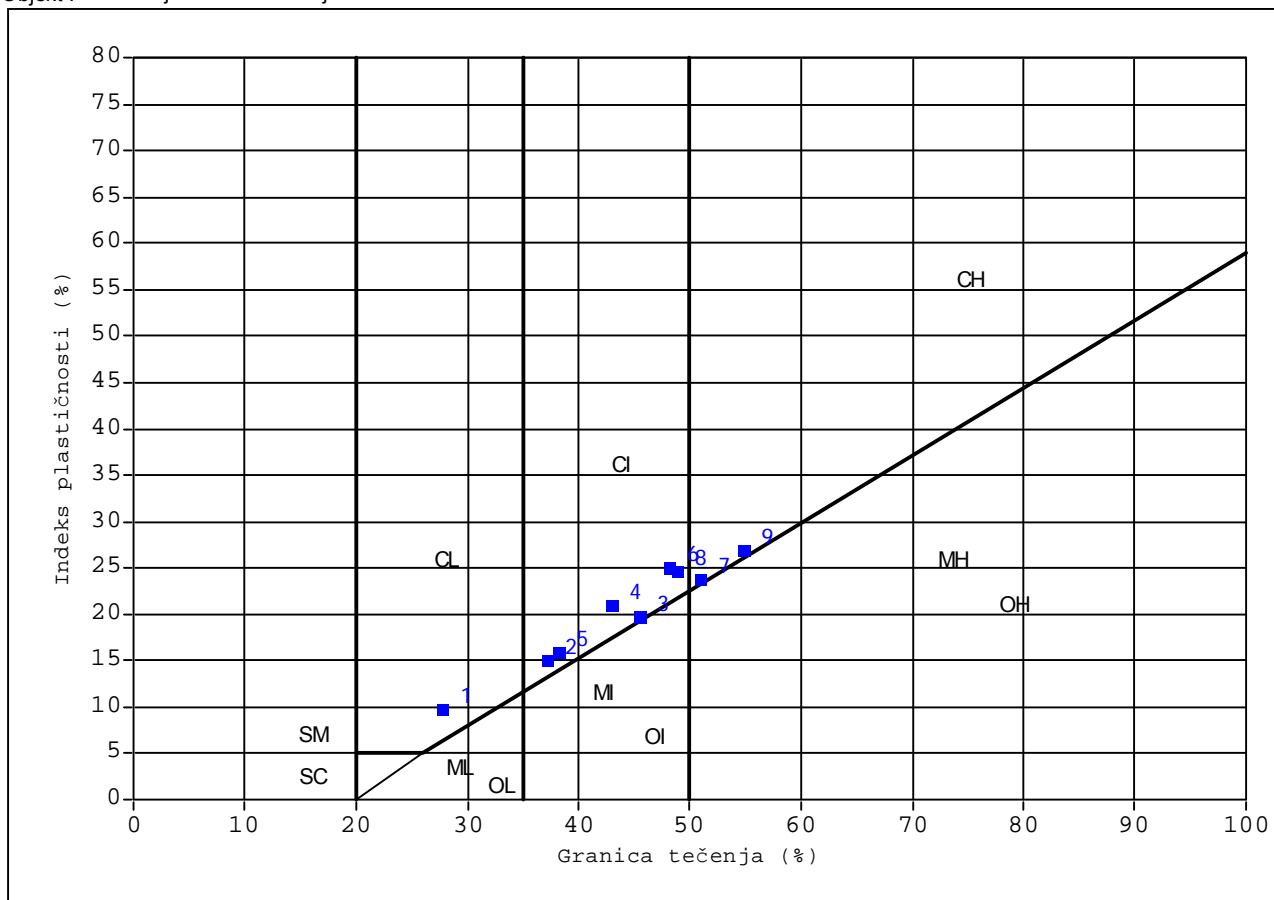
Ispitni izvještaj izradio: zamjenik voditelja laboratorija Branimir Veličković, dipl.ing.rud.

Datum ispisa: 13.2.2014

Lokacija : Komin

Datum izrade izvještaja: 12.2.2014

Objekt : Sanacija desne obale rijeke Neretve



rbr.	bušotina/jama/ stacionaža	dubina / kota (m)	oznaka JLO ispitivanja	simbol	wl (%)	wp (%)	IP (%)	os (%)	pv / ps
1	S-131-13-02	1,90-2,00	S-131-13-02-01-1-05	CL	27,72	18,01	9,71	0,00	pv
		Školjkice							
2	S-131-13-02	2,90-3,00	S-131-13-02-02-1-05	CI	37,13	22,08	15,06	0,00	pv
3	S-131-13-02	4,80-4,90	S-131-13-02-03-1-05	CI	45,44	25,61	19,83	0,00	pv
4	S-131-13-02	8,00-8,30	S-131-13-02-04-1-05	CI	43,06	22,11	20,95	0,00	pv
5	S-131-13-02	10,00-10,30	S-131-13-02-05-1-05	CI	38,18	22,36	15,82	0,00	pv
6	S-131-13-02	12,30-12,50	S-131-13-02-06-1-05	CI	48,08	23,07	25,01	0,00	pv
		Školjkice							
7	S-131-13-02	14,60-14,70	S-131-13-02-07-1-05	CH	51,05	27,26	23,79	0,00	pv
		Školjkice							
8	S-131-13-02	15,80-15,90	S-131-13-02-08-1-05	CI	48,84	24,32	24,52	0,00	pv
		Školjkice							
9	S-131-13-02	19,80-19,90	S-131-13-02-09-1-05	CH	54,78	27,73	27,05	0,00	pv
		Školjkice							

**LEGENDA:**

**CH** - Glina anorganska visoke plastičnosti

**CL** - Glina anorganska niske plastičnosti

**OH** - Glina organska visoke plastičnosti

**OI** - Glina organska srednje plastičnosti

**OS** - % ostatka na situ No.40(0,425mm) %

**MH** - Prah visoke plastičnosti

**ML** - Prah niske plastičnosti

**SC** - Zaglinjeni pijesak

**OL** - Glina organska niske plastičnosti

**pv** - priprema u prirodno vlažnom stanju

**CI** - Glina anorganska srednje plastičnosti

**OH** - Glina organska visoke plastičnosti

**OL** - Glina organska niske plastičnosti

**ps** - priprema u suhom stanju

**SM** - Prašnasti pijesak

Ispitni izvještaj izradio: zamjenik voditelja laboratorija Branimir Veličković, dipl.ing.rud.

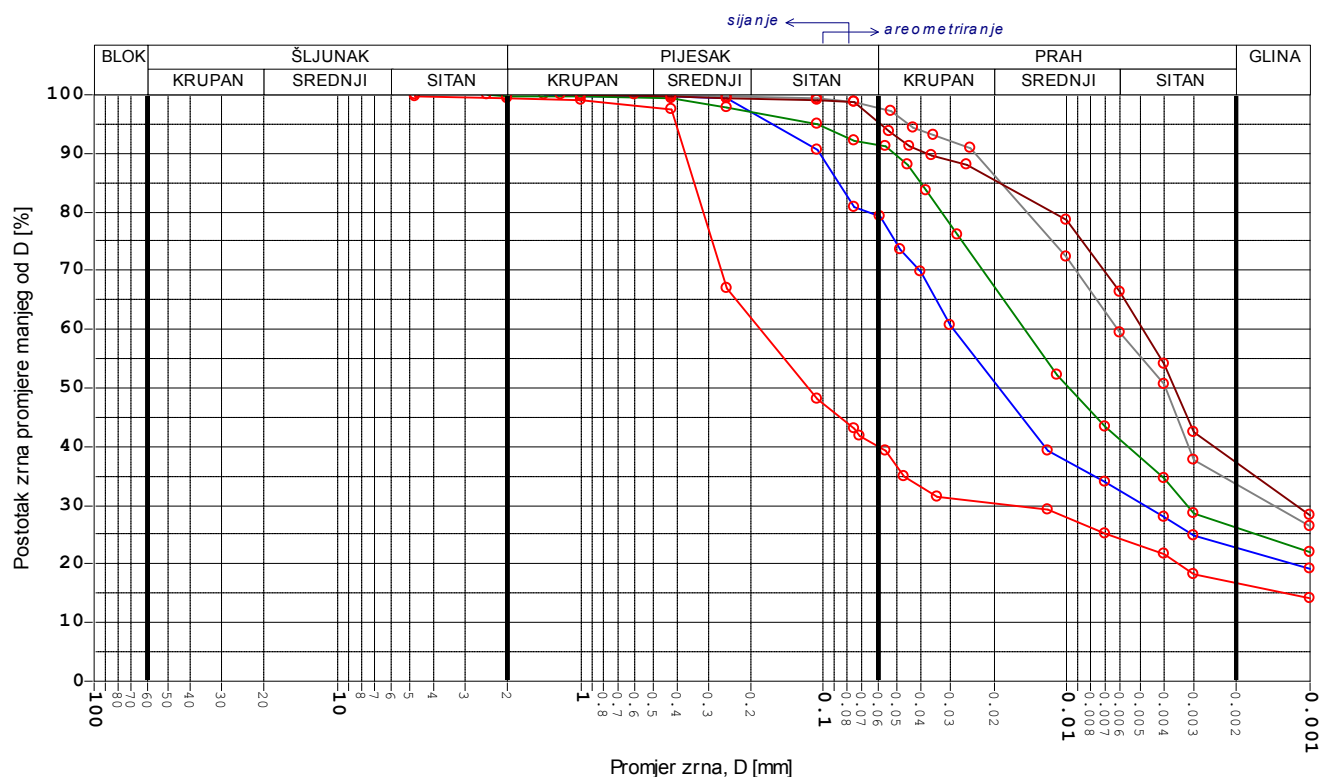
Datum ispisa: 13.2.2014



Lokacija : Komin

Datum izvještaja: 14.2.2014

Objekt : Sanacija desne obale Neretve



**NAPOMENA**

U dijagramu mjerene točke označene su  
odgovarajućim simbolom prikazanim u legendi

—○— S-131-13-01-04-1-04 —○— S-131-13-01-05-1-04 —○— S-131-13-01-06-1-04  
—○— S-131-13-01-07-1-04 —○— S-131-13-01-08-1-04

poslovni zadatak / pokus	D60	D30	D10	Cu	Cc	G(%)	S(%)	M(%)	C(%)	VDP
S-131-13-01-04-1-04	0,029	0,004	ništa	ništa	ništa	n/a	20,8	57,1	22,1	6,412E-08
S-131-13-01-05-1-04	0,182	0,025	ništa	ništa	ništa	0,5	59,5	23,8	16,2	7,945E-07
S-131-13-01-06-1-04	0,015	0,002	ništa	ništa	ništa	0,2	8,4	66,0	25,4	0,000E+00
S-131-13-01-07-1-04	0,006	0,001	ništa	ništa	ništa	n/a	2,3	65,6	32,1	0,000E+00
S-131-13-01-08-1-04	0,005	0,001	ništa	ništa	ništa	n/a	5,0	59,6	35,5	0,000E+00

opisna oznaka bušotina/jama/ stacionaža	dubina / kota (m)	oznaka JLO ispitivanja	Dmax (mm)	oblik zrna	tvrdća zrna	Gs	uređaj za dispaciju	disp. trajanje (min)
S-131-13-01	6,00-6,20	S-131-13-01-04-1-04	1,4	n/a	mekano	2,74	mješalica	10
S-131-13-01	7,50-8,00	S-131-13-01-05-1-04	4,8	n/a	tvrdi i postojano	2,75	mješalica	10
S-131-13-01	13,70-13,80	S-131-13-01-06-1-04	2,4	n/a	mekano	2,73	mješalica	15
S-131-13-01	17,20-17,30	S-131-13-01-07-1-04	0,6	n/a	tvrdi i postojano	2,75	mješalica	15
S-131-13-01	19,40-19,60	S-131-13-01-08-1-04	1,2	oštro	tvrdi i postojano	2,74	mješalica	15

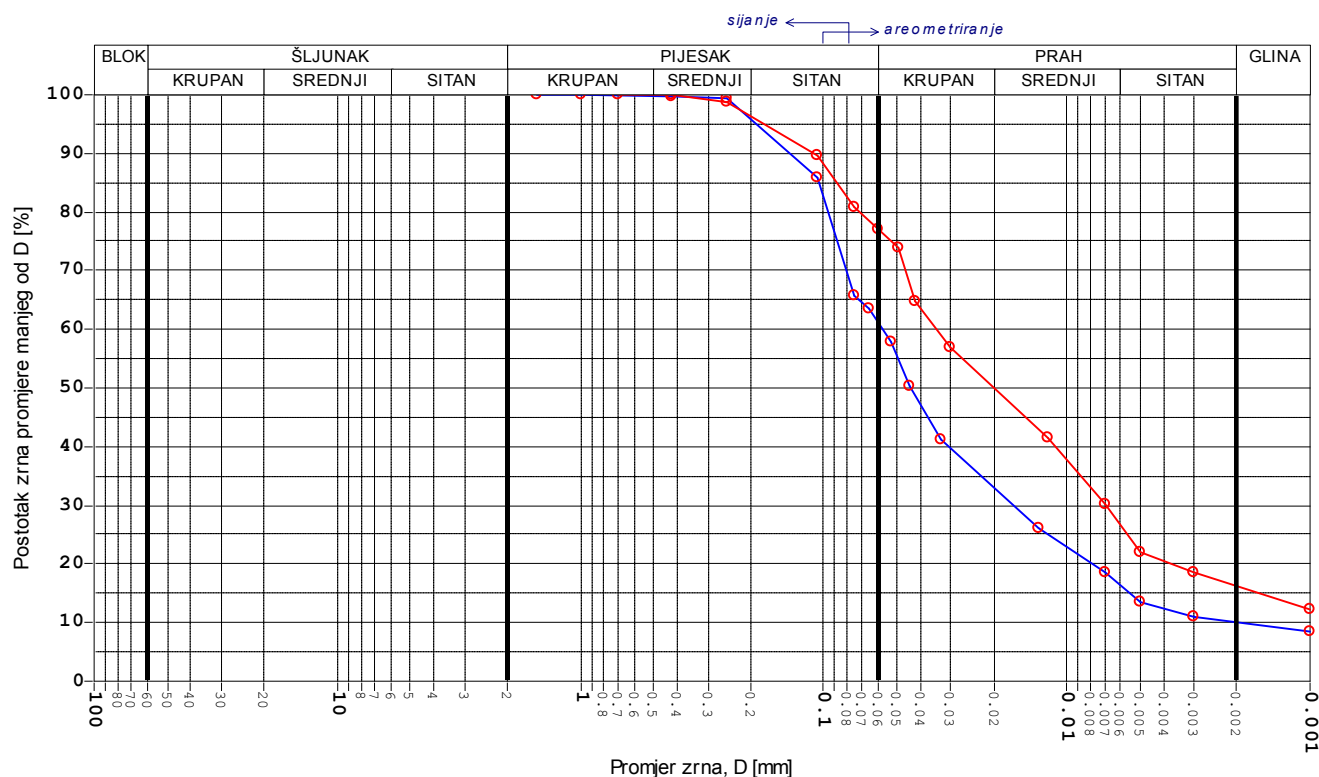
Ispitni izvještaj izradio: zamjenik voditelja laboratorija Branimir Veličković, dipl.ing.rud.

Datum ispisa: 14.2.2014

Lokacija : Komin

Datum izvještaja: 14.2.2014

Objekt : Sanacija desne obale Neretve



**NAPOMENA**

U dijagramu mjerene točke označene su  
odgovarajućim simbolom prikazanim u legendi

—○— S-131-13-02-04-1-04 —○— S-131-13-02-05-1-04

poslovni zadatak / pokus	D60	D30	D10	Cu	Cc	G(%)	S(%)	M(%)	C(%)	VDP
S-131-13-02-04-1-04	0,057	0,014	0,002	30,193	1,707	n/a	38,9	51,3	9,8	5,150E-06
S-131-13-02-05-1-04	0,034	0,007	ništa	ništa	ništa	n/a	22,9	61,6	15,5	9,014E-07

opisna oznaka bušotina/jama/ stacionaža	dubina / kota (m)	oznaka JLO ispitivanja	Dmax (mm)	oblik zrna	tvrdća zrna	Gs	uređaj za dispaciju	disp. trajanje (min)
S-131-13-02	8,00-8,30	S-131-13-02-04-1-04	1,5	n/a	tvrdi i postoje	2,73	mješalica	10
S-131-13-02	10,00-10,30	S-131-13-02-05-1-04	0,7	n/a	tvrdi i postoje	2,73	mješalica	10

Ispitni izvještaj izradio: zamjenik voditelja laboratorija Branimir Veličković, dipl.ing.rud.

Datum ispisa: 14.2.2014



Predmet: NA-131-13

Lokacija: Komin

Objekt: Sanacija desne obale rijeke Neretve

Oznaka bušotine/jame/stacionaže: S-131-13-01

Oznaka ispitivanja: S-131-13-01-02-1-06

Oznaka seta: S-DS-03

Dubina: 2,00-2,20

Datum ispitivanja: 12.2.2014

Vrsta uzorka: neporemećen

Opis materijala: Smeđe boje, kongregacije do 5 mm

Wp: 21,46 Wl: 39,38

Simbol klasifikacije: CI

G: n/a

S: n/a

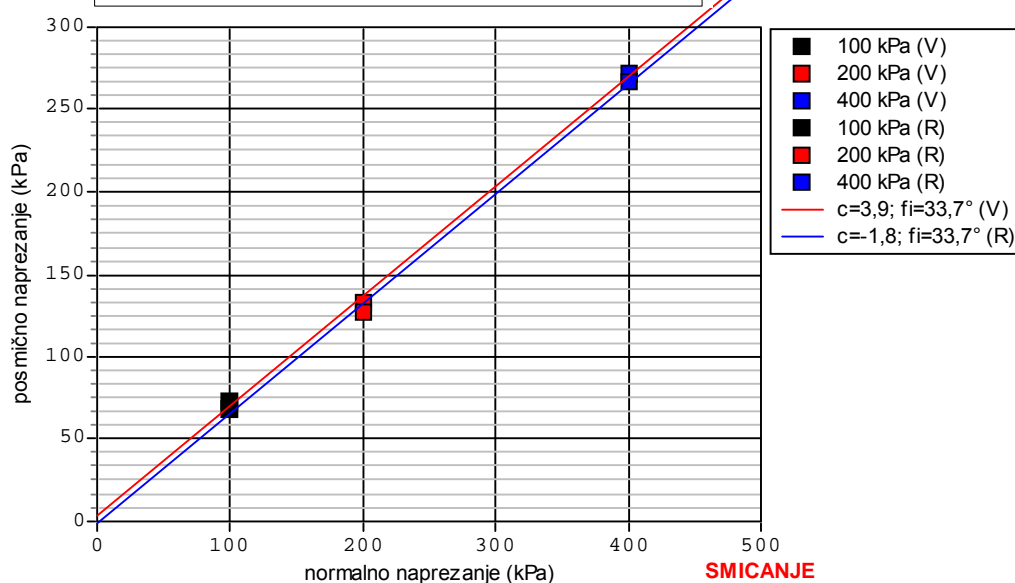
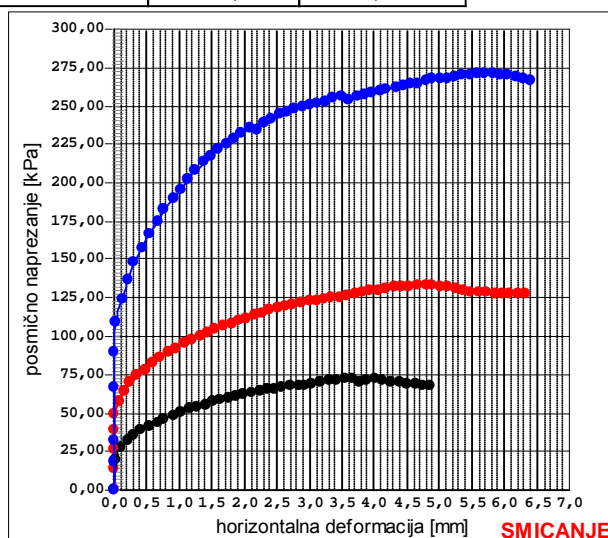
M: n/a

C: n/a

Napomena:

točka	$\sigma_v$ (kPa)	w (%) poč.stanje/ konač.stanje	$\rho/\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) poč.stanje	$\rho/\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) konač.stanje	početna visina / širina (mm)	uzorak potopljen/ ako DA $\sigma_v$ (kPa)
1	100	33,8 / 27,2	2,03 / 1,60	2,25 / 1,77	25,1 / 59,8	DA/100
2	200	33,8 / 26,3	2,03 / 1,61	2,33 / 1,85	25,1 / 59,8	DA/200
3	400	33,8 / 25,7	2,03 / 1,62	3,66 / 2,91	25,2 / 59,9	DA/400

točka	brzina smicanja (mm/min)	$\sigma_v$ (kPa)	$\tau_1$ (kPa)	horiz. def. pri slomu (mm)
1	0,06	100	73	3,64
2	0,06	200	133,2	4,73
3	0,06	400	271,5	5,59



Ispitni izvještaj izradio: zamjenik voditelja laboratorija Branimir Veličković, dipl.ing.rud.

Datum izrade izvještaja: 13.2.2014



**Laboratorij**

Tel. 01.6050055 - Fax 01.6050094  
www.geokonzg.com

**Ispitni izvještaj određivanja  
jednoosne čvrstoće ASTM D 2166**

Rezultati ispitivanja odnose se samo ispitani uzorak  
Ispitni izvještaj ne smije se preslikavati djelomično  
ili u cijelosti bez pisanog odobrenja voditelja laboratorija

Oznaka obrasca: OL-5.4-07\_01

**Investitor:** Hrvatske vode  
**Adresa:** Ul. grada Vukovara, 10000 Zagreb  
**Lokacija:** San. d. obale Neretve u Kominu  
**Oznaka sonde:** S-131-13-01  
**Dubina:** 3.30 - 3.50  
**Oznaka ispitivanja:** S-131-13-01-03-1-07  
**Datum ispitivanja:** 10.02.2014

**Datum zaprimanja uzorka:** 01.2014.  
**Početni promjer uzorka:** 34,99 mm  
**Početna visina uzorka:** 80,00 mm  
**Odnos visina/promjer uzorka:** 2,29  
**Početna pop. površina uzorka:** 9,62 cm<sup>2</sup>  
**Brzina smicanja:** 02,14 mm/min

**Vlažnost - ispitni uzorak prije smicanja**

**Masa vlažna brutto:** 180,49 g  
**Masa suha brutto:** 143,56 g  
**Masa tare:** 35,11 g  
**Početna vlažnost:** 34,05 %  $W_0$

**Početna gustoća:** 1,89 g/cm<sup>3</sup>  $\gamma_n$   
**Početna suha gustoća:** 1,41 g/cm<sup>3</sup>  $\gamma_d$   
**Specifična gustoća:** 2,72 g/cm<sup>3</sup>  $\gamma_s$   
**Početna saturacija:** 99,66 %  $S_0$   
**Početni koeficijent pora:** 0,929  $e_0$

**Granica tečenja:** 049,3 %  $w_L$   
**Indeks plastičnosti:** 022,6 %  $IP$   
**Osjetljivost:** n/a %  $S_T$



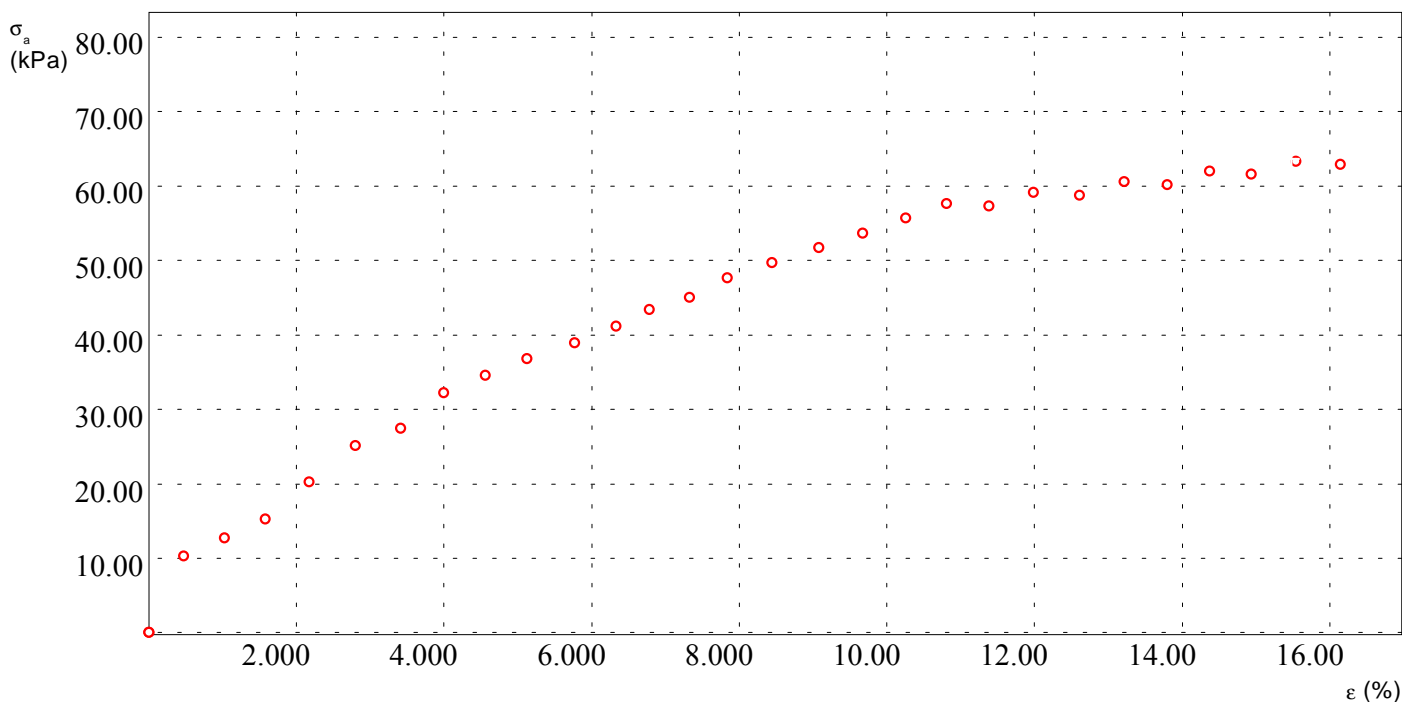
**Napomena uz ispitivanje:** NU  
CI, smeđe boje vl/uz

Znacenje:  
vl/uz = vlaga iz uzorka  
vl/tri = vlaga iz trimanja

**Jednoosna čvrstoća:** 63 kPa

**Vertikalna deformacija pri slomu:** 15,52 %

**Posmična čvrstoća:** 32 kPa



**Naziv datoteke:** KOMIN1



**Ispitni izvještaj izradio:**

zamjenik voditelja laboratorija Branimir VELIČKOVIČ, dipl.ing.rud.

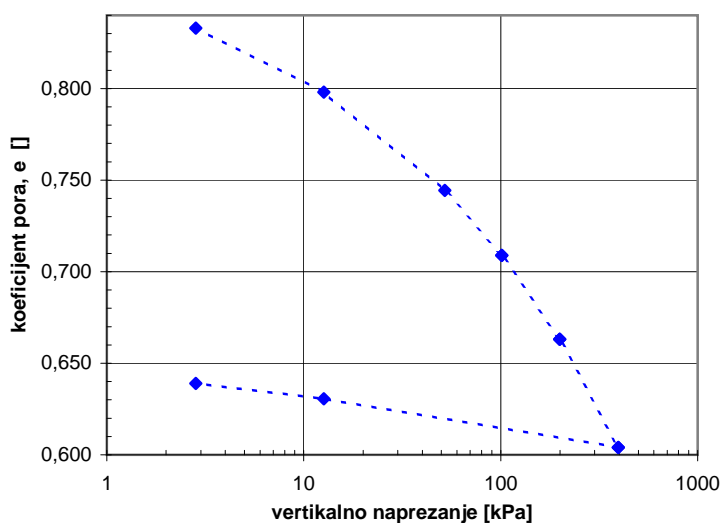
**Oznaka projekta:** E-131-13-01  
**Lokacija:** Komin  
**Objekt:** Sanacija desne obale rijeke Neretve  
**Oznaka bušotine:** S-131-13-01 **Dubina:** 2,00-2,20  
**Oznaka ispitivanja:** S-131-13-01-02-1-08 **Datum ispitivanja:** 10.02.2014.  
**Uređaj:** proizvođač: "Matest" kat. broj: S-260  
**Vrsta uzorka:** neporemećen uzorak **Spec. gustoća,  $\rho_s$  [g/cm<sup>3</sup>]** = 2,74  
**Opis materijala:** Smeđe boje, kongrecije do 5 mm

**Opis korekcije:** n/a

	stanje	
	početno	konačno
visina [mm]	19,88	17,79
promjer [mm]	71,30	71,30
w [%]	29,6	22,9
$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,94	2,05
$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,50	1,67
e []	0,83	0,64
$S_r$ [%]	97,57	98,20

srednji $\sigma_v$ [kPa]	$\sigma_{v,1} - \sigma_{v,2}$ [kPa]	Ms [MPa]
32	13-52	1,3
77	52-101	2,5
-	-	-
150	101-199	3,9
-	-	-
298	199-396	6,1
-	-	-

**Uzorak potopljen:** DA, pri vert. naprez. od 3 [kPa]  
**Uzorak bujao:** NE



Oznaka elaborata: E-131-13-01; Oznaka priloga: 13

Ispitni izvještaj izradio:

zamjenik voditelja laboratorija Branimir VELIČKOVIĆ, dipl.ing.rud.

str. 1/2

Datum izrade izvještaja: 19.2.2014

**Oznaka projekta:** E-131-13-01  
**Lokacija:** Komin  
**Objekt:** Sanacija desne obale rijeke Neretve  
**Oznaka bušotine:** S-131-13-01 **Dubina:** 2,00-2,20  
**Oznaka ispitivanja:** S-131-13-01-02-1-09 **Datum ispitivanja:** 10.02.2014.  
**Uređaj:** proizvođač: "Matest" kat. broj: S-260  
**Vrsta uzorka:** neporemećen uzorak **Spec. gustoća,  $\rho_s$  [g/cm<sup>3</sup>]** = 2,74  
**Opis materijala:** Smeđe boje, kongrecije do 5 mm

**Opis korekcije:** n/a

	stanje	
	početno	konačno
visina [mm]	19,88	17,79
promjer [mm]	71,30	71,30
w [%]	29,6	22,9
$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,94	2,05
$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,50	1,67
e []	0,83	0,64
$S_r$ [%]	97,57	98,20

$\sigma_v$ [kPa]	e	k [cm/s]
-	-	-
-	-	-
101	0,709	1,52E-07
-	-	-
199	0,663	9,62E-08
-	-	-
396	0,604	6,84E-08
-	-	-

**Uzorak potopljen:** DA, pri vert. naprez. od 3 [kPa]



Oznaka elaborata: E-131-13-01; Oznaka priloga: 13

Ispitni izvještaj izradio:

zamjenik voditelja laboratorija Branimir VELIČKOVIĆ, dipl.ing.rud.

str. 2/2

Datum izrade izvještaja: 19.2.2014

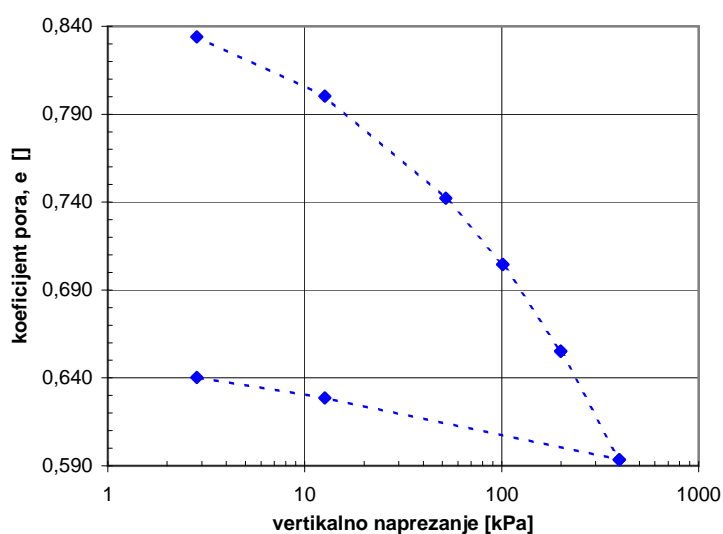
**Oznaka projekta:** E-131-13-01  
**Lokacija:** Komin  
**Objekt:** Sanacija desne obale rijeke Neretve  
**Oznaka bušotine:** S-131-13-01 **Dubina:** 3,30-3,50  
**Oznaka ispitivanja:** S-131-13-01-03-1-08 **Datum ispitivanja:** 10.02.2014.  
**Uređaj:** proizvođač: "Matest" kat. broj: S-260  
**Vrsta uzorka:** neporemećen uzorak **Spec. gustoća,  $\rho_s$  [g/cm<sup>3</sup>]** = 2,72  
**Opis materijala:** Sive boje

**Opis korekcije:** n/a

	stanje	
	početno	konačno
visina [mm]	19,88	17,81
promjer [mm]	71,30	71,30
w [%]	29,5	23,3
$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,92	2,04
$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,49	1,66
e []	0,83	0,64
$S_r$ [%]	96,58	98,85

srednji $\sigma_v$ [kPa]	$\sigma_{v,1} - \sigma_{v,2}$ [kPa]	Ms [MPa]
32	13-52	1,2
77	52-101	2,4
-	-	-
150	101-199	3,7
-	-	-
298	199-396	5,8
-	-	-

**Uzorak potopljen:** DA, pri vert. naprez. od 3 [kPa]  
**Uzorak bujao:** NE



Oznaka elaborata: E-131-13-01; Oznaka priloga: 14

Ispitni izvještaj izradio:

zamjenik voditelja laboratorija Branimir VELIČKOVIĆ, dipl.ing.rud.

str. 1/2

Datum izrade izvještaja: 19.2.2014

**Oznaka projekta:** E-131-13-01  
**Lokacija:** Komin  
**Objekt:** Sanacija desne obale rijeke Neretve  
**Oznaka bušotine:** S-131-13-01 **Dubina:** 3,30-3,50  
**Oznaka ispitivanja:** S-131-13-01-03-1-09 **Datum ispitivanja:** 10.02.2014.  
**Uređaj:** proizvođač: "Matest" kat. broj: S-260  
**Vrsta uzorka:** neporemećen uzorak **Spec. gustoća,  $\rho_s$  [g/cm<sup>3</sup>]** = 2,72  
**Opis materijala:** Sive boje

**Opis korekcije:** n/a

	stanje	
	početno	konačno
visina [mm]	19,88	17,81
promjer [mm]	71,30	71,30
w [%]	29,5	23,3
$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,92	2,04
$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,49	1,66
e []	0,83	0,64
$S_r$ [%]	96,58	98,85

$\sigma_v$ [kPa]	e	k [cm/s]
-	-	-
-	-	-
101	0,705	1,27E-07
-	-	-
199	0,655	2,91E-08
-	-	-
396	0,594	2,04E-08
-	-	-

**Uzorak potopljen:** DA, pri vert. naprez. od 3 [kPa]



Oznaka elaborata: E-131-13-01; Oznaka priloga: 14

Ispitni izvještaj izradio:

zamjenik voditelja laboratorija Branimir VELIČKOVIĆ, dipl.ing.rud.

str. 2/2

Datum izrade izvještaja: 19.2.2014

**TABLICA REZULTATA FIZIKALNIH  
SVOJSTAVA MATERIJALA TLA**

OZNAKA UZORKA	DUBINA	PRIRODNA VLAGA	SPECIFIČNA TEŽINA	ZAPREMINSKA TEŽINA		GRANULOMETRIJSKI SASTAV						GRANICE PLASTIČNOSTI		INDEKS PLASTIČNOSTI	INDEKS KONZISTENCIJE	SIMBOL
	m	W [%]	$\gamma_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\gamma$ [g/cm <sup>3</sup> ]	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	M + C [%]	VDP USBR k [cm/s]	WL [%]	WP [%]	IP [%]	Ic	
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-131-13-01</b>														
S-131-13-01-01	1,70-1,80	24,58										32,51	20,06	12,45	0,64	CL
S-131-13-01-02	2,00-2,20	33,37	2,74									39,38	21,46	17,92	0,34	CI
S-131-13-01-03	3,30-3,50	34,42	2,72	1,40	1,88							49,25	26,61	22,64	0,66	CI
S-131-13-01-04	6,00-6,20	39,82					20,80	57,10	22,10		6,41E-08	37,37	22,44	14,93		CI
S-131-13-01-05	7,50-8,00	30,97				0,50	59,50	23,80	16,20		7,95E-07	23,28	16,59	6,69		CL
S-131-13-01-06	13,70-13,80	41,15				0,20	8,40	66,00	25,40			43,15	25,29	17,86	0,11	CI
S-131-13-01-07	17,20-17,30	41,78					2,30	65,60	32,10			50,74	25,09	25,65	0,35	CH
S-131-13-01-08	19,40-19,60	46,30					5,00	59,60	35,50			58,08	28,27	29,81	0,40	CH
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-131-13-02</b>														
S-131-13-02-01	1,90-2,00	26,46										27,72	18,01	9,71	0,13	CL
S-131-13-02-02	2,90-3,00	29,54										37,13	22,08	15,05	0,50	CI
S-131-13-02-03	4,80-4,90	45,93										45,44	25,61	19,83		CI
S-131-13-02-04	8,00-8,30	41,68					38,90	51,30	9,80		5,15E-06	43,06	22,11	20,95	0,07	CI
S-131-13-02-05	10,00-10,30	37,21					22,90	61,60	15,50		9,01E-07	38,18	22,36	15,82		CI
S-131-13-02-06	12,30-12,50	41,38										48,08	23,07	25,01	0,27	CI
S-131-13-02-07	14,60-14,70	41,38										51,05	27,26	23,79	0,41	CH
S-131-13-02-08	15,80-15,90	41,48										48,84	24,32	24,52	0,30	CI
S-131-13-02-09	19,80-19,90	42,14										54,78	27,73	27,05	0,47	CH

## TABLICA REZULTATA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA TLA

OZNAKA UZORKA	DUBINA	DIREKTNO SMICANJE				TRIAKSIJALNO SMICANJE		PRITISNA ČVRSTOĆA		STIŠLJIVOSTI TLA				VDP IZ STIŠLJIVOSTI			PROCTOROV POKUS		SIMBOL
		STANDARDNO		REVERSN0						σ <sub>50</sub>	σ <sub>100</sub>	σ <sub>200</sub>	σ <sub>400</sub>	σ <sub>100</sub>	σ <sub>200</sub>	σ <sub>400</sub>			
	m	c [kPa]	φ [°]	c [kPa]	φ [°]	c [kPa]	φ [°]	qu [kPa]	ε [%]	Ms [MPa]				k [cm/s]			γ <sub>dmax</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	w <sub>opt</sub> (%)	
BUSOTINA		S-131-13-01																	
S-131-13-01-02	2,00-2,20	3,90	33,70							1,30	2,50	3,90	6,10	1,52E-07	9,62E-08	6,84E-08			CI
S-131-13-01-03	3,30-3,50							63	15,52	1,20	2,40	3,70	5,80	1,27E-07	2,91E-08	2,04E-08			CI